

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЛАБООСНОВНЫХ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ В ТЕХНОЛОГИИ БУМАГИ И КАРТОНА

Н.В. Черная✉, Ж.С. Шашок, С.В. Карпова,
Е.П. Усс, О.А. Мисюров

УО «Белорусский государственный технологический университет», 220006, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Свердлова, д. 13а

chornaya@belstu.by

Исследовано влияние слабоосновных катионных полиэлектролитов на структурообразующие и бумагообразующие свойства проклеенных волокнистых суспензий и на качество полученных из них клееных и мелованных образцов бумаги и картона. Впервые показано, что эффективность применения катионных полиэлектролитов повышается по отношению к канифольной эмульсии и электролиту в 2–3 раза за счет изменения последовательности их введения в проклеенные волокнистые суспензии (целлюлозные и макулатурные) и вследствие «корректирования» их расхода. Установлено, что использование разработанной технологии позволяет участвовать катионным полиэлектролитам не только в процессе флокуляции, но и в формировании новых проклеивающих комплексов в виде мелкодисперсных положительно заряженных пептизированных частиц. Выявлено, что замена процесса проклейки в режиме гомотоагуляции на более эффективный режим гетероадагуляции пептизированных частиц вследствие применения слабоосновных катионных полиэлектролитов обеспечивает повышение гидрофобности и прочности клееных видов бумаги и картона. Обоснована целесообразность использования катионных полиэлектролитов для получения высококачественной продукции в разработанной ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии клееных видов бумаги и картона на основании установленного увеличения степени удержания волокон и проклеивающих комплексов и одновременного снижения содержания взвешенных веществ в оборотной воде. Определено, что мелование клееных образцов бумаги и картона, полученных с использованием слабоосновных катионных полиэлектролитов, позволяет улучшить печатные свойства полученной продукции. Даны рекомендации по замене в рецептуре меловальной пасты традиционно применяемого комплекса природных соединений, включающего в себя крахмал окисленный (2,0 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,7 мас. ч.) и казиновый клей (2,0 мас. ч.), на одно синтетическое связующее — модифицированный карбамидоформальдегидный олигомер (3,2 мас. ч.).

Ключевые слова: проклейка, гомотоагуляция, гетероадагуляция, упрочнение, структурообразование, флокуляция

Ссылка для цитирования: Черная Н.В., Шашок Ж.С., Карпова С.В., Усс Е.П., Мисюров О.А. Разработка способа повышения эффективности применения слабоосновных катионных полиэлектролитов в технологии бумаги и картона // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 3. С. 105–114.
DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-105-114

Высоким потребительским спросом пользуются клееные и мелованные виды бумаги и картона [1], отличающиеся свойствами и областью применения. Свойства клееных видов бумаги и картона зависят от многих технологических факторов, влияющих на технологию их получения [2]. Наиболее важными являются композиционный состав бумаги и картона по волокну и способы применения функциональных химических веществ, к числу которых относятся канифольные эмульсии (КЭ), электролиты и катионные полиэлектролиты (КП). Распространенными первичными и вторичными волокнистыми полуфабрикатами являются целлюлоза и макулатура соответственно. Для обеспечения волокнистых суспензий необходимыми структурообразующими, реологическими

и бумагообразующими свойствами в них последовательно добавляют нужное количество химических веществ [3–7], существенно влияющих на характер протекающих процессов и качество клееных видов бумаги и картона. Особое значение имеют такие технологические и экологические параметры, как степень удержания в структуре бумаги и картона присутствующих компонентов и содержание сухих веществ в подсеточной воде.

Электролиты и КЭ обеспечивают образование проклеивающих комплексов за счет протекающего коллоидно-химического и электростатического взаимодействия. Последующее добавление в проклеенную бумажную массу КП повышает степень удержания волокон в структуре бумаги и картона благодаря их участию в процессе флокуляции. Однако они усиливают агрегирование проклеивающих комплексов, что снижает степень их

удержания в структуре бумаги и картона и ухудшает не только гидрофобность, но и прочность бумаги и картона. На завершающей стадии получения бумаги и картона в ходе их термообработки происходят плавление и спекание проклеивающих комплексов, что способствует формированию на поверхности волокон гидрофобного слоя. Его равномерность и толщина существенно влияют на гидрофобность бумаги и картона [8]. Гидрофобный слой, как правило, препятствует связеобразованию в структуре бумаги и картона, а увеличение его толщины [9], обусловленное присутствием полиэлектролита, приводит к значительному уменьшению их прочности.

Таким образом, в технологии клееных видов бумаги и картона остается нерешенной актуальная проблема повышения эффективности применения полиэлектролита за счет одновременного повышения степени удержания проклеивающих комплексов и волокон. В настоящее время широко применяют КП [10–19], имеющие необходимую структуру и обладающие соответствующими физико-химическими свойствами, а также флокулирующим действием на проклеенные волокнистые суспензии. На предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности широко применяют слабоосновные КП. Существующая технология использования КП в последовательности КЭ — электролит — КП основана на протекании процессов сначала проклейки в режиме гомотоагуляции, а затем — флокуляции. Однако КП могут, по нашему мнению [2, 8, 9], участвовать не только в процессе флокуляции [10–19], но и в процессах формирования и образования проклеивающих комплексов (коагулятов и пептизированных частиц), коагуляции, пептизации, проклейки (в режимах гомотоагуляции или гетероадагуляции), связеобразования, упрочнения и структурообразования. При этом в зависимости от содержания КП в волокнистой суспензии процесс флокуляции может протекать по различным механизмам [2, 7, 8]: мостичному, нейтрализационному или мозаичному. Особое значение имеют структура, дисперсность и электрокинетический потенциал проклеивающих комплексов [2, 8], а также характер коллоидно-химических и электростатических взаимодействий [9], протекающих между отрицательно заряженными частицами дисперсной фазы КЭ и положительно заряженными формами гидроксо соединений алюминия, введенными в волокнистую суспензию с раствором электролита. Поэтому перспективным направлением исследования является повышение эффективности применения КП за счет изменения последовательности дозирования его в волокнистую суспензию по отношению к КЭ и электролиту и одновременного

повышения гидрофобности и прочности бумаги и картона, а также увеличения степени удержания волокон и проклеивающих комплексов в их структуре.

Последующее мелование клееных видов бумаги и картона улучшает их печатные свойства и расширяет область их применения. В связи с этим улучшение когезионного и адгезионного взаимодействия компонентов в меловальных пастах является актуальной задачей. Одним из перспективных способов ее решения служит замена комплекса природных соединений на одно синтетическое, содержащее в своей структуре амидные и аминные группы. К таким соединениям относится синтезированный нами модифицированный карбамидоформальдегидный олигомер (МКФО) [20].

Таким образом, отсутствие в научной и технической литературе научно обоснованных практических рекомендаций по повышению эффективности применения КП в технологии клееных видов бумаги и картона и последующего их мелования с использованием одного синтетического связующего МКФО вместо трех природных обуславливает актуальность настоящей работы.

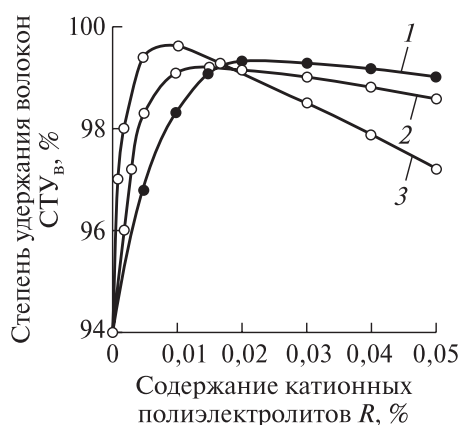
Цель работы

Цель работы — исследование влияния различных способов использования слабоосновных КП в проклеенных волокнистых суспензиях (макулатурных и целлюлозных) на эффективность протекающих процессов (проклейки, связеобразования, структурообразования, упрочнения и флокуляции) и разных типов взаимодействия (коллоидно-химического, электростатического, когезионного и адгезионного) на качество клееных и мелованных видов бумаги и картона.

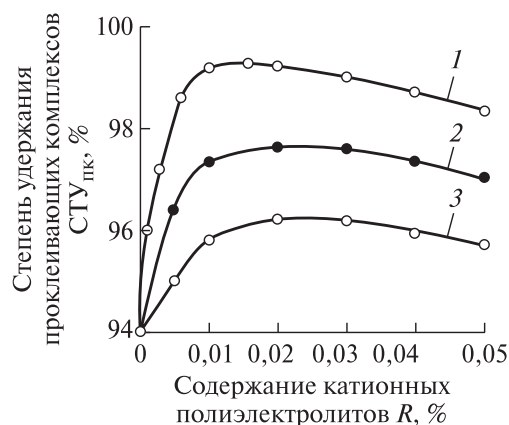
Объекты и методы исследования

Объекты исследования — проклеенные волокнистые суспензии (макулатурные и целлюлозные) с использованием КЭ в нейтральной среде в присутствии КП и электролита и полученные из них клееные и мелованные образцы бумаги и картона.

Функциональные химические вещества вводили в волокнистые суспензии по существующей (КЭ — электролит — КП) и двум новым (КЭ — КП — электролит и КП — КЭ — электролит) технологиям. Содержание КЭ и электролита в волокнистых суспензиях было постоянным и составляло 0,30 и 0,24 % абсолютно сухого волокна соответственно. Содержание КП (*R*) в проклеенных волокнистых суспензиях увеличивали от 0,005 до 0,050 % относительно абсолютно сухого волокна. В качестве КП использовали



а



б

Зависимости влияния содержания КП относительно абсолютно сухого волокна в макулатурных суспензиях на степень удержания волокон СтУ_в (а) и степень удержания проклеивающих комплексов СтУ_{пк} (б): 1 — последовательность 1; 2 — последовательность 2; 3 — последовательность 3

Dependences of the CP content relative to absolutely dry fiber in waste paper suspensions on the degree of retention of StU_v fibers (а) and the degree of retention of StUpk sizing complexes (б): 1 — sequence 1; 2 — sequence 2; 3 — sequence 3

полиамидполиаминэпихлоргидриновую смолу (ТУ РБ 300041455.021–2001). Концентрация приготовленного раствора составляла 0,001 %. КЭ содержали 0,2 % сухих веществ, их получали разбавлением водой товарного 50%-го продукта ТМВС-2Н (ТУ РБ 00280198-029–97), содержащего модифицированные смоляные кислоты. Исходные частицы дисперсной фазы КЭ имели средний диаметр $d_0 = 190$ нм и отрицательный электрокинетический потенциал ($\xi_0 = -25$ мВ). В качестве электролита использовали 0,5%-й раствор сульфата алюминия (ГОСТ 12966–85). Он имел рН 4,3 и содержал гидроксо соединения алюминия [21]: 85 % $Al(H_2O)_6^{3+}$, 10 % $Al(H_2O)_5(OH)^{2+}$ и 5 % $Al(H_2O)_4(OH)_2^+$.

Значение потенциала ξ и дисперсность проклеивающих комплексов определяли на анализаторе заряда частиц CAS (Германия) и растровом электронном микроскопе JSM-5610 LV (JEOL Ltd, Япония) соответственно. Турбидиметрические исследования проводили на фотоэлектроколориметре КФК-2 по стандартной методике [22].

Клееные образцы бумаги и элементарных слоев картона (ЭСК) изготавливали из целлюлозы (ГОСТ 9571–89) и макулатуры (ГОСТ 107000–89) на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» («Ernst Naage», Германия) по стандартной методике. Степень удержания волокон (СтУ_в) и проклеивающих комплексов (СтУ_{пк}) определяли по ГОСТ 30578–89 (ISO 9562–89) и методом экстрагирования в этиловом спирте [23] соответственно. Содержание сухих веществ в подсеточной воде (С) определяли по ГОСТ 14363.5–71. Качество

полученных образцов бумаги и ЭСК характеризовали по впитываемости при одностороннем смачивании (ГОСТ 12606–82Е), по степени проклейки по штриховому методу (ГОСТ 8049–62), разрывной длине (ГОСТ 13525.1–79) и влагопрочности (ГОСТ 13525.7–68). Образцами сравнения служили волокнистые суспензии, не содержащие КП ($R = 0$), и полученные из них образцы бумаги и ЭСК; получено, что для макулатурных образцов — СтУ_в = 94,3 %, СтУ_{пк} = 70,4 % и С = 11,8 мг/л, для целлюлозных — СтУ_в = 96,6 %, СтУ_{пк} = 78,4 % и С = 8,6 мг/л.

Мелованные образцы бумаги и ЭСК получали на моделирующей установке (Германия) путем одностороннего мелования (10 г/м²) поверхности изготовленных клееных образцов бумаги и ЭСК. Рецепт меловальной пасты отличалась от стандартной [24] видом присутствующих связующих. В качестве последних использовали впервые синтезированный нами МКФО (4,7 мас. ч.) [22, 25] (разработанная технология) вместо используемого по существующей технологии комплекса природных соединений (4,7 мас. ч.) [24], включающего в себя окисленный крахмал (2,0 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,7 мас. ч.) и казеиновый клей (2,0 мас. ч.). Для мелованных образцов бумаги и ЭСК определяли массоемкость по ISO 536–1995, толщину по ISO 534–2005, белизну по ISO 2470–1999, гладкость по ISO 8791-4–1992 и стойкость поверхности к выщипыванию по ISO 3783–1980. Как образцы сравнения применяли пробы отобранных промышленных партий бумаги марок ДО (ГОСТ 21444–75) и ДЧ (ГОСТ 9095–89) и картона полиграфического марок FBB и SBB.

Результаты и обсуждение

Работы проводились в три этапа. Первый этап посвящен определению степени удержания волокон и проклеивающих комплексов в структуре образцов бумаги и ЭСК, содержания сухих веществ в подсеточной воде, второй — способам применения КП при получении клееных видов бумаги и картона, третий — исследованию свойств клееных видов бумаги и картона после их мелования с использованием нового синтетического связующего.

На первом этапе были установлены зависимости $СтУ_{\text{в}} = f(R)$ (рисунок, а) и $СтУ_{\text{пк}} = f(R)$ (рисунок, б) для введения КП в проклеенные макулатурные волокнистые суспензии следующими способами:

- последовательность 1 (кривые 1, существующая технология): КЭ — электролит — КП;
- последовательность 2 (кривые 2, исследуемая технология): КЭ — КП — электролит;
- последовательность 3 (кривые 3, исследуемая технология): КП — КЭ — электролит.

Аналогичные зависимости получены для проклеенных целлюлозных суспензий, для которых достигаемые положительные эффекты способствуют дальнейшему повышению значений $СтУ_{\text{в}}$ и $СтУ_{\text{пк}}$.

Из рисунка видно, что эффективность применения КП зависит от способа его введения в волокнистые суспензии и от его содержания в проклеенных бумажных массах (R). Полученные зависимости $СтУ_{\text{в}} = f(R)$ и $СтУ_{\text{пк}} = f(R)$ имеют экстремальный характер. Установлено, что максимальные значения $СтУ_{\text{в}}$ и $СтУ_{\text{пк}}$ можно достичь при определенных значениях R , которые считают предпочтительными — $R_{\text{пр}}$.

В макулатурных суспензиях эффективность применения КП повышается в последовательности 2 (КЭ — КП — электролит). Об этом свидетельствуют высокие значения $СтУ_{\text{в}} = 98,2\%$ и $СтУ_{\text{пк}} = 88,7\%$ при $R_{\text{пр}} = 0,015\%$ относительно абсолютно сухого волокна. По сравнению с образцами сравнения (без КП, $R = 0$) использование КП по последовательности 2 позволяет повысить $СтУ_{\text{в}}$ и $СтУ_{\text{пк}}$ на 3,8 и 18,3% соответственно. Получено, что КП в последовательности 2 позволяет уменьшить C в 3,1 раза, что свидетельствует о возможности повышения экологической безопасности действующих производств.

Использование последовательности 1 (КЭ — электролит — КП) (см. рисунок, кривые 1) при $R_{\text{пр}} = 0,010\%$ (относительно абсолютно сухого волокна) приводит, по нашему мнению, к протеканию в макулатурных суспензиях таких основных процессов, как коллоидно-химическое и электростатическое взаимодействие, гомоко-

агуляция и флокуляция. Сначала происходит коллоидно-химическое взаимодействие между частицами дисперсной фазы КЭ и гидроксосоединениями алюминия $Al(H_2O)_6^{3+}$, $Al(H_2O)_5(OH)^{2+}$ и $Al(H_2O)_4(OH)_2^+$, а затем протекает процесс электролитной коагуляции. Образовавшиеся разнотенциальные коагуломы (их электрокинетический потенциал находится в диапазоне $-20...+20$ мВ, средний диаметр составляет 190 нм) агрегируются, образуя проклеивающие комплексы в виде разнотенциальных крупнодисперсных (размером 3000...6000 нм) непептизирующихся коагулятов. После завершения процесса электролитной коагуляции происходят электростатические взаимодействия коагулятов с волокнами. Процесс проклейки протекает в режиме гомокоагуляции, о чем свидетельствует неравномерное распределение коагулятов и непрочная их фиксация на поверхности электронейтральных макулатурных волокон. Такие коагуляты механически удерживаются в структуре бумаги и картона, а коагуляты (3...4%), находящиеся в межволоконном пространстве, не участвуют в процессе гидрофобизации, поскольку удаляются с подсеточной водой. Поэтому механическое удержание проклеивающих комплексов объясняет достаточно высокие значения $СтУ_{\text{пк}}$, достигающие 96,5%. На завершающей стадии получения проклеенных макулатурных суспензий (после добавления КП) протекает процесс флокуляции волокон по мостичному механизму, о чем свидетельствуют высокие значения $СтУ_{\text{в}}$, достигающие 99,4%. Основным недостатком последовательности 1 является невысокая гидрофобность бумаги и ЭСК из-за протекающего процесса проклейки в режиме гомокоагуляции.

Применение последовательности 2 (КЭ — КП — электролит) (рисунок, кривые 2) при $R_{\text{пр}} = 0,015\%$ (относительно абсолютно сухого волокна) сопровождается протеканием в макулатурных суспензиях таких процессов, как коллоидно-химическое и электростатическое взаимодействие, коагуляция, пептизация, связеобразование, упрочнение и гетероадагуляция. Сначала молекулы КП участвуют в коллоидно-химическом взаимодействии с частицами дисперсной фазы КЭ и процессе образования проклеивающих комплексов. Последние представляют собой электронейтральные пептизирующиеся коагуляты, размер которых не превышает 3000 нм [9]. Затем протекает процесс дополнительного связеобразования между электронейтральными макулатурными волокнами и положительно заряженными азотсодержащими группами КП, что способствует протеканию процесса упрочнения и флокуляции по мозаичному механизму. При этом молекулы КП «связывают» волокна

между собой, что объясняет повышение $СтУ_B$ и увеличение прочности бумаги и ЭСК. Последующее введение электролита, содержащего 85 % $Al(H_2O)_6^{3+}$ (ионов-пептизаторов), завершает процесс формирования проклеивающих комплексов за счет пептизации (деагрегирования) коагулятов и получения из них новых проклеивающих комплексов в виде мелкодисперсных положительно заряженных пептизированных частиц, имеющих размер 190 нм и электрокинетический потенциал +50 мВ. Такие проклеивающие комплексы равномерно распределяются монослоем и прочно фиксируются на поверхности волокон. Процесс проклейки протекает в режиме гетероадагуляции, что объясняет высокую гидрофобность у образцов бумаги и ЭСК благодаря образованию на волокнах равномерного «тонкого» гидрофобного слоя [26].

Совокупность процессов, протекающих при $R_{пр} = 0,015$ % (относительно абсолютно сухого волокна), обеспечивает высокие значения параметров для проклеенных макулатурных суспензий: $СтУ_B = 98,2$ %, $СтУ_{пк} = 88,7$ % и $C = 3,8$ мг/л. При этом гидрофобность и прочность образцов бумаги и ЭСК показывают высокие значения.

Использование последовательности 3 (КП — КЭ — электролит) (рисунок, кривые 3) при $R_{пр} = 0,020$ % (относительно абсолютно сухого волокна) свидетельствует о том, что в макулатурных суспензиях протекает сначала процесс флокуляции, а затем происходит коллоидно-химическое и электростатическое взаимодействие, завершающееся процессами коагуляции и гомокоагуляции. Флокуляция протекает по нейтрализационному механизму сразу после введения КП в макулатурную суспензию, что обеспечивает снижение содержания сухих веществ в подсеточной воде C от 11,8 до 5,7 мг/л (в 2,0 раза) и объясняет повышение $СтУ_B$ от 94,4 до 97,5 % (на 3,1 %). Последующее введение КЭ и электролита приводит к протеканию сначала коллоидно-химического взаимодействия между частицами дисперсной фазы КЭ и гидроксосоединениями алюминия, а затем к образованию разнотенциальных коагулюмов, склонных к агрегированию. Протекающий коагуляционный процесс приводит к образованию проклеивающих комплексов, представляющих собой разнотенциальные разновеликие крупнодисперсные непептизирующиеся коагуляты, размер которых достигает 4500...6200 нм. В присутствии таких коагулятов процесс проклейки протекает в режиме гомокоагуляции. Поэтому $СтУ_{пк}$ не превышает 82,3 %, а качество образцов бумаги и ЭСК, полученных с использованием КП по последовательности 3, уступает качеству образцов, изготовленных с применением КП по последовательностям 1 и 2, несмотря на то, что оно выше качества образцов сравнения на 30...40 %.

Следовательно, эффективность применения КП в макулатурных суспензиях является высокой для последовательности 2, средней для последовательности 1 и низкой для последовательности 3. Предпочтительный расход КП по последовательности 2 составляет 0,015 % (относительно абсолютно сухого волокна). Целесообразность использования КП (последовательность 2) в технологии высококачественных видов бумаги и картона является обоснованной, поскольку $СтУ_B$ повышается от 94,4 до 98,2 % и $СтУ_{пк}$ — от 70,4 до 88,7 %.

В целлюлозных суспензиях эффективность применения КП выше, чем в макулатурных суспензиях, чему способствуют однородность фракционного состава целлюлозных волокон, сохраненная их первоначальная длина и присутствие отрицательно заряженных активных центров (гидроксильных групп). Такие условия обеспечивают не только улучшение коллоидно-химического и электростатического взаимодействия, протекающего при формировании проклеивающих комплексов, но и повышение эффективности совокупности протекающих процессов, аналогичных для макулатурных суспензий. Об этом свидетельствуют высокие значения $СтУ_B$, $СтУ_{пк}$ и C , достигаемые при замене макулатурных суспензий на целлюлозные. При этом предпочтительное содержание КП ($R_{пр}$) уменьшается на 0,003...0,005 % (относительно абсолютно сухого волокна) — 20...34 %. Практическая возможность экономии расхода КП зависит от способа его использования за счет снижения $R_{пр}$, % (относительно абсолютно сухого волокна):

- от 0,010 до 0,007 (на 30 %) для последовательности 1 (КЭ — электролит — КП);
- от 0,015 до 0,010 (на 34 %) для последовательности 2 (КЭ — КП — электролит);
- от 0,020 до 0,016 (на 20 %) для последовательности 3 (КП — КЭ — электролит).

Положительный эффект использования КП в целлюлозных суспензиях аналогичен зависимостям, полученным для макулатурных суспензий. Предпочтительное содержание КП в проклеенной целлюлозной суспензии, полученной по последовательности 2, составляет 0,010 % (относительно абсолютно сухого волокна). По сравнению с проклеенной макулатурной суспензией, когда $R_{пр} = 0,015$ % (относительно абсолютно сухого волокна), происходит дальнейшее увеличение $СтУ_B$ — от 98,2 до 99,7 % и $СтУ_{пк}$ — от 88,7 до 92,3 %. Следствием этого является уменьшение C от 3,8 до 3,0 мг/л, что свидетельствует о снижении в 1,2 раза отрицательного воздействия на окружающую среду.

Следовательно, применение КП в целлюлозных суспензиях по последовательности 2 позво-

Сравнение эффективности способов применения катионных полиэлектролитов в проклеенных макулатурных (числитель) и целлюлозных (знаменатель) суспензиях по существующей и исследуемым технологиям

Comparison of the methods for using cationic polyelectrolytes in glued waste paper (numerator) and pulp (denominator) suspensions according to existing and researched technologies

Способ	$R_{пр}$, %	Свойства волокнистой суспензии				Качество образцов бумаги и ЭСК			
		рН	С, мг/л	СтУ _в , %	СтУ _{пк} , %	гидрофобность		прочность	
								Y_1 , г/м ²	Y_2 , мм
Последовательность 1: КЭ — электролит — КП									
1	<u>0,010</u>	<u>7,2</u>	<u>5,6</u>	<u>99,4</u>	<u>96,5</u>	<u>20</u>	<u>2,0</u>	<u>3850</u>	<u>11,5</u>
	0,007	7,0	5,4	99,6	97,5	18	1,8	5600	14,0
Последовательность 2: КЭ — КП — электролит									
2	<u>0,015</u>	<u>7,0</u>	<u>3,8</u>	<u>98,2</u>	<u>88,7</u>	<u>17</u>	<u>2,2</u>	<u>5870</u>	<u>13,4</u>
	0,010	6,8	3,0	99,7	92,3	14	2,4	6500	15,6
Последовательность 3: КП — КЭ — электролит									
3	<u>0,020</u>	<u>6,8</u>	<u>5,7</u>	<u>97,5</u>	<u>82,3</u>	<u>19</u>	<u>2,3</u>	<u>4990</u>	<u>3,2</u>
	0,016	6,6	5,1	98,4	84,7	16	2,2	6100	4,6
Образцы сравнения (без использования КП)									
4	—	<u>7,3</u>	<u>11,8</u>	<u>94,4</u>	<u>70,4</u>	<u>29</u>	<u>1,2</u>	<u>2550</u>	<u>2,5</u>
		7,0	8,6	96,8	76,2	24	1,4	4980	3,4

Примечание. рН — значение рН 0,1%-й проклеенной волокнистой суспензии перед ее обезвоживанием; С — содержание сухих веществ (волокон и проклеивающих комплексов) в подсеточной воде, удаляемой при обезвоживании проклеенных суспензий и формировании из нее листового материала; СтУ_в и СтУ_{пк} — степень удержания волокон и проклеивающих комплексов в структуре полученного листового материала соответственно, %; Y_1 — впитываемость при одностороннем смачивании, г/м²; Y_2 — степень проклейки по штриховому методу, мм; Y_3 — влагопрочность, %; Y_4 — разрывная длина, м. Содержание КП $R_{пр}$ рассчитано относительно абсолютно сухого волокна.

ляет экономить исходные сырьевые компоненты в количестве 1,5...3,6 %. Кроме того, замена вторичного волокнистого полуфабриката (макулатуры) на первичный (целлюлозу) способствует дополнительной экономии расхода КП, достигающей 20...34 %. При этом целесообразность применения КП объясняется его участием в процессах пептизации, связеобразования, упрочнения и флокуляции. Впервые показано, что использование КП в целлюлозных и макулатурных суспензиях по последовательности 2 способствует смещению протекающего процесса проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции. Это имеет важное практическое значение, поскольку обеспечивается получение высококачественных видов бумаги и картона по ресурсосберегающим и экологически безопасным технологиям.

На втором этапе изучали влияние способов применения КП в технологии бумаги и картона и его предпочтительного содержания $R_{пр}$ на свойства проклеенных волокнистых суспензий (целлюлозных и макулатурных) и качество полученных из них образцов бумаги и ЭСК (таблица).

Следует отметить, что по существующей технологии (вариант сравнения), когда используется последовательность 1 и содержание КП в проклеенной волокнистой суспензии превышает 0,050 %, основное назначение КП сводится к обеспечению процесса флокуляции. При этом не

рассматривается участие КП в процессах проклейки волокнистых суспензий и упрочнения полученных из них бумаги и картона.

Установлено, что эффективность применения КП можно повысить путем введения его в волокнистую суспензию в необходимом количестве ($R_{пр}$) по существующей технологии (последовательность 1) и изменения способа его использования по исследуемым технологиям (последовательности 2 и 3).

Результаты исследования (см. таблицу) являются комплексными, поскольку демонстрируют влияние способа применения КП и его предпочтительного содержания в суспензиях на свойства проклеенных волокнистых суспензий (макулатурных и целлюлозных) и качество полученных из них образцов бумаги и ЭСК.

Установлено, что рН проклеенных суспензий находится в нейтральной области: для макулатурных — рН = 6,5...7,2; для целлюлозных — рН = 6,3...7,0. Образцы сравнения (без использования КП) имеют рН = 7,3 и рН = 7,0 для макулатурных и целлюлозных суспензий соответственно. Сохранение нейтральной среды для волокнистых суспензий, проклеенных в присутствии КП, имеет важное практическое значение, поскольку позволяет обеспечить смещение процесса получения продукции из кислой области (рН = 4,8...5,2) [10] в нейтральную (рН = 6,3...7,2) [2, 8].

Таким образом, эффективность использования КП в технологии клееных видов бумаги и картона зависит от последовательности введения его в волокнистые суспензии (макулатурные и целлюлозные) по отношению к КЭ и электролиту и от содержания его в дисперсной системе, а также от комплекса требований, предъявляемых к качеству готовой продукции. Достигаемые положительные эффекты обеспечиваются присутствием в проклеенных волокнистых суспензиях необходимого количества КП, обеспечивающего целенаправленное протекание процессов проклейки, упрочнения, флокуляции и др.

На третьем этапе исследовали свойства мелованных образцов бумаги и картона, отличающихся от известных аналогов структурой (вместо коагулятов присутствовали пептизированные частицы) и рецептурой меловальных паст (вместо комплекса природных соединений использовали одно разработанное синтетическое в виде МКФО). Целлюлозные образцы бумаги моделировали бумагу-основу для мелования марок ДО и ДЧ и покровные слои полиграфического картона марок FBB и SBB, а макулатурные образцы исследовали для определения возможности их использования вместо целлюлозных. Рецептуры приготовленных меловальных паст получали по существующей и предлагаемой технологиям. Они отличались тем, что вместо комплекса природных соединений (4,7 мас. ч.), включающего крахмал окисленный (2,0 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,7 мас. ч.) и казеиновый клей (2,0 мас. ч.), содержали синтетическое связующее (3,2 мас. ч.), представляющее собой впервые синтезированный нами МКФО [20].

Мелованные образцы бумаги и картона имели следующие показатели качества: белизну — 85...87 % (норма не менее 85 %), стойкость поверхности к выщипыванию — 2,2...2,4 см (норма не менее 2,2 см) и гладкость — 254...280 с (норма не менее 250 с.)

Следовательно, присутствие слабоосновного КП в структуре образцов клееных видов бумаги и картона способствует повышению (на 3...6 %) печатных свойств мелованных образцов, полученных на их основе. Одной из основных причин является улучшение адгезионных взаимодействий между поверхностью бумаги-основы и картона-основы с компонентами (в особенности пигментами) нанесенного мелованного покрытия.

Выводы

Эффективность применения слабоосновных КП зависит от последовательности введения их в волокнистые суспензии и соотношения КЭ, КП и электролита. Установлено, что использование последовательности «КЭ — КП (расход

0,010...0,15 % относительно абсолютно сухого волокна) — электролит» (разработанная технология) вместо «КЭ — электролит — КП (расход 0,050 % от а. с. в. и более) — электролит» (существующая технология) позволяет участвовать КП не только в процессе флокуляции, но и в формировании новых проклеивающих комплексов в виде мелкодисперсных положительно заряженных пептизированных частиц. Следствием этого является смещение процесса проклейки из традиционного режима гомокоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции, а также повышение (на 5...15 %) гидрофобности и прочности клееных видов бумаги и картона. Увеличение степени удержания волокон от 94,4...96,8 до 98,2...99,7 % и проклеивающих комплексов от 70,4...76,2 до 88,7...92,3 % и одновременное снижение содержания взвешенных веществ в оборотной воде от 8,6...11,8 до 3,0...3,8 мг/л свидетельствует о целесообразности получения высококачественной продукции по разработанной ресурсосберегающей и экологически безопасной технологии.

Улучшению печатных свойств бумаги и картона на 3...6 % способствует дальнейшее их мелование. Для этого необходимо заменить в рецептуре меловальной пасты традиционно применяемый комплекс природных соединений, включающий в себя крахмал окисленный (2,0 мас. ч.), натрийкарбоксиметилцеллюлозу (0,7 мас. ч.) и казеиновый клей (2,0 мас. ч.), на одно синтетическое связующее — МКФО (3,2 мас. ч.).

Список литературы

- [1] Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. СПб.: Политехника, 2006. 499 с.
- [2] Черная Н.В. Теория и технология клееных видов бумаги и картона. Минск: Изд-во БГТУ, 2009. 394 с.
- [3] Хованский В.В., Дубовый В.К., Кейзер П.М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. СПб.: Изд-во СПбГТУРП, 2013. 151 с.
- [4] Кожевников С.Ю., Андреева С.Л. Упрочнение бумаги синтетической катионно-анионной полиакриламидной смолой // Химия растительного сырья, 2011. № 2. С. 177–182.
- [5] Лапин В.В., Смоляков А.И. Специализированные виды катионного крахмала для бумажного производства // Целлюлоза. Бумага. Картон, 2000. № 11–12. С. 23–25.
- [6] Осипов П.В. Эффекты синергизма между синтетическими полимерами и катионным крахмалом в макулатурных композициях // Целлюлоза. Бумага. Картон, 2011. № 3. С. 74–77.
- [7] Остапенко А.А., Мороз В.Н., Барбаш В.А., Кожевников С.Ю., Дубовый В.К., Ковернинский И.Н. Повышение качества бумаги из макулатуры химическими функциональными веществами // Химия растительного сырья, 2012. № 1. С. 187–190.
- [8] Черная Н.В., Ламоткин А.И. Проклейка бумаги и картона в кислой и нейтральной средах. Минск: Изд-во БГТУ, 2003. 345 с.

- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Гордейко С.А., Жолнерович Н.В., Черная Н.В., Флейшер В.Л., Драпеза А.А., Андриюхова М.В., Макарова Д.С. Повышение прочности тароупаковочной бумаги с использованием азотсодержащих соединений // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология, 2013. № 3. С. 165–168.
- [12] Лирова Б.И., Русинова Е.В. Анализ полимерных композиционных материалов. Екатеринбург: Изд-во УГЛТУ, 2008. 187 с.
- [13] Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты. Ленинград: Химия, 1987. 204 с.
- [14] Берлин А.А., Кисленко В.Н., Соломенцева И.М. Математическое моделирование флокуляции суспензий полиэлектролитами // Коллоидный журнал, 1998. Т. 60. № 5. С. 592–597.
- [15] Kallmes O., Kallmes P., Bishop V. Monitoring flocculation on the paper machine // TAPPI, 1994, v. 77, no. 7, pp. 194–198.
- [16] Лапин В.В. О быстром взаимодействии в системе волокнистая дисперсия — разбавленный раствор катионного полиэлектролита // Исследования в области химии бумаги: сб. тр. ЦНИИБ. М., 1976. № 12. С. 55–63.
- [17] Тесленко В.В., Данилова Д.А., Федюкин А.В., Нехайчук О.Г. Некоторые особенности использования синтетических флокулянтов // Бумажная пром-сть, 1989. № 9. С. 13–14.
- [18] Пузырев С.А., Воробьев О.В., Седова Е.В. Применение катионных флокулянтов в производстве бумаги // Новые технические виды бумаги и картона, 1987. С. 22–27.
- [19] Linolstrom T., Flonen T. The effect of filler particle size on the olry-strenghtening effect of cationic starch wet- and adolition // Nord. PulpandPaperRes. J., 1987, v. 2, no. 4, pp. 142–151.
- [20] Флейшер В.Л., Черная Н.В., Шишаков Е.П., Чернышева Т.В. Способ получения упрочняющей добавки для изготовления бумаги. Пат. № 23441 РБ, заявитель и патентообладатель УО «Белорусский государственный технологический университет», 2018.
- [21] Копылович М.Н., Радион Е.В., Баев А.К. Распределение различных форм алюминия (III) и меди (II) в растворах и схема процесса гетероядерного гидроксокомплексобразования // Координационная химия, 1995. Т. 21, № 1. С. 66–71.
- [22] Фролов Ю.Г., Гродский А.С. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. М.: Химия, 1986. 186 с.
- [23] Примаков С.Ф., Миловзоров В.П., Кухникова М.С. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству. М.: Лесная пром-сть, 1980. 168 с.
- [24] Бондарев А.И. Производство бумаги и картона с покрытием. М.: Лесная пром-сть, 1985. 192 с.
- [25] Карпова С.В., Черная Н.В. Изучение свойств мелованной бумаги при замене природного связующего на новое синтетическое // Химия и химическая технология переработки растительного сырья: Материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф., 10–12 октября 2018 г., Минск, БГТУ. Минск: Изд-во БГТУ, 2018. С. 187–191.
- [26] Chernaya N.V., Fleisher V.L., Zholnerovich N.V. The creation and implementation of the resource-conserving technology of paper and paperboard sizing with hydrodispersions of modified rosin in mode of hetero-adagulation of peptized particles // PNRPU. Appliedecology. Urbandevelopment, 2017, no. 2, pp.87–101. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.08

Сведения об авторах

Черная Наталья Викторовна [✉] — д-р техн. наук, профессор кафедры химической переработки древесины УО «Белорусский государственный технологический университет», chornaya@belstu.by

Шашок Жанна Станиславовна — д-р техн. наук, профессор кафедры полимерных композиционных материалов УО «Белорусский государственный технологический университет», shashok@belstu.by

Карпова Светлана Валерьевна — ассистент кафедры химической переработки древесины УО «Белорусский государственный технологический университет», aspirantura.bgtu@tut.by

Усс Елена Петровна — канд. техн. наук, доцент кафедры полимерных композиционных материалов УО «Белорусский государственный технологический университет», uss@belstu.by

Мисюров Олег Александрович — аспирант кафедры химической переработки древесины УО «Белорусский государственный технологический университет», omisurov@mail.ru

Поступила в редакцию 17.01.2022.

Одобрено после рецензирования 10.03.2022.

Принята к публикации 13.05.2022.

APPLICATION OF WEAK CATIONIC POLYELECTROLYTES IN PAPER AND CARDBOARD EFFICIENCY IMPROVEMENT TECHNOLOGY

N.V. Chernaya✉, Zh.S. Shashok, S.V. Karpova,
E.P. Uss, O.A. Misyurov

Belarusian State Technological University, 13a, Sverdlova st., 220006, Minsk, Republic of Belarus

chornaya@belstu.by

The article considers the effect of weak cationic polyelectrolytes on the structure- and paper-forming properties of glued fibrous suspensions and the quality of glued and coated paper and cardboard samples obtained from them. It is shown for the first time that the efficiency of using cationic polyelectrolytes increases by 2...3 times due to a change in the sequence of its introduction into glued fibrous suspensions (cellulose and waste paper) in relation to rosin emulsion and electrolyte, as well as by «correction» their dosages. It is found that the use of the developed technology allows cationic polyelectrolytes to participate not only in the process of flocculation, but also in the formation of new sizing complexes in the form of finely dispersed positively charged peptized particles. It is revealed that the replacement of the sizing process in the homocoagulation mode with a more efficient mode of heteroadagulation of peptized particles due to the use of weakly basic cationic polyelectrolytes provides an increase in hydrophobicity and strength of the glued types of paper and cardboard. The expediency of using cationic polyelectrolytes to obtain high-quality products in the developed resource-saving and ecologically safe technology of glued types of paper and cardboard is substantiated based on the established increase in the degree of retention of fibers and sizing complexes and the simultaneous decrease in the content of suspended solids in recycled water. It is determined that the coating of glued paper and cardboard samples obtained with weakly basic cationic polyelectrolytes improves the printing properties of the resulting products. Recommendations are given for replacing the traditionally used complex of natural compounds in the coating paste formulation, including oxidized starch (2,0 parts by weight), sodium carboxymethyl cellulose (0,7 parts by weight) and casein glue (2,0 parts by weight), for one synthetic binder — modified urea-formaldehyde oligomer (3,2 parts by weight).

Keywords: sizing, homocoagulation, heteroadagulation, hardening, structure formation, flocculation

Suggested citation: Chernaya N.V., Shashok Zh.S., Karpova S.V., Uss E.P., Misyurov O.A. *Razrabotka sposoba povysheniya effektivnosti primeneniya slaboosnovnykh kationnykh polielektrolitov v tekhnologii bumagi i kartona* [Application of weak cationic polyelectrolytes in paper and cardboard efficiency improvement technology]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 3, pp. 105–114. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-105-114

References

- [1] *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva. V 3 t. T. II. Proizvodstvo bumagi i kartona. CH. 2. Osnovnyye vidy i svoystva bumagi, kartona, fibry i drevesnykh plit* [Pulp and paper technology. In 3 vol. Vol. II. Manufacture of paper and cardboard. Part 2. The main types and properties of paper, cardboard, fiber and wood-based panels]. Sankt-Peterburg: Politekhnik, 2006, 499 p.
- [2] Chernaya N.V. *Teoriya i tekhnologiya kleyenykh vidov bumagi i kartona* [Theory and technology of glued types of paper and cardboard]. Minsk: BSTU Publ., 2009, 394 p.
- [3] Khovanskiy V.V., Dubovyy V.K., Keyzer P.M. *Primeneniye khimicheskikh vspomogatel'nykh veshchestv v proizvodstve bumagi i kartona* [The use of chemical excipients in the production of paper and cardboard]. Sankt-Peterburg: SPbGTURP, 2013, 151 p.
- [4] Kozhevnikov S.Yu., Andreyeva S.L. *Uprochneniye bumagi sinteticheskoy kationno-anionnoy poliakrilamidnoy smoly* [Strengthening paper with synthetic cationic-anionic polyacrylamide resin]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of vegetable raw materials], 2011, no. 2, pp. 177–182.
- [5] Lapin V.V., Smolyakov A.I. *Spetsializirovannyye vidy kationnogo krakhmala dlya bumazhnogo proizvodstva* [Specialized types of cationic starch for paper production]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Cellulose. Paper. Cardboard], 2000, no. 11–12, pp. 23–25.
- [6] Osipov P.V. *Effekty sinergizma mezhdu sinteticheskimi polimerami i kationnym krakhmalom v makulaturnykh kompozitsiyakh* [Synergistic effects between synthetic polymers and cationic starch in waste paper compositions]. *Tsellyuloza. Bumaga. Karton* [Cellulose. Paper. Cardboard], 2011, no. 3, pp. 74–77.
- [7] Ostapenko A.A., Moroz V.N., Barbash V.A., Kozhevnikov S.YU., Dubovyy V.K., Koverninskiy I.N. *Povysheniye kachestva bumagi iz makulatury khimicheskimi funktsional'nymi veshchestvami* [Improving the quality of paper from waste paper by chemical functional substances]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of vegetable raw materials], 2012, no. 1, pp. 187–190.
- [8] Chernaya N.V., Lamotkin A.I. *Prokleyka bumagi i kartona v kisloy i neytral'noy sredakh* [Sizing paper and cardboard in acidic and neutral environments]. Minsk: BGTU, 2003, 345 p.
- [9] Chernaya N.V. *Kontseptual'noye razvitiye teorii i tekhnologii prokleyki bumagi i kartona gidrodispersiyami modifitsirovannoy kanifoli v rezhime geteroadagulyatsii peptizirovannykh chastits* [Conceptual development of the theory and technology of gluing 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.
- [10] Mishurina O.A., Yershova O.A. *Sposoby gidrofobizatsii i uprochneniya kompozitsionnykh tsellyuloznykh materialov iz vtorichnogo syr'ya* [Methods of hydrophobization and hardening of composite cellulose materials from secondary raw materials]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International J. of Applied and Fundamental Research], 2016, no. 10, pp. 363–366.
- [11] Gordeyko S.A., Zholnerovich N.V., Chernaya N.V., Fleysher V.L., Drapeza A.A., Andryukhova M.V., Makarova D.S. *Povysheniye prochnosti tarupakovoy bumagi s ispol'zovaniyem azotsoderzhashchikh soyedineniy* [Increasing the

- strength of packaging paper using nitrogen-containing compounds]. Trudy BG TU. Khimiya, tekhnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya [Proceedings of BSTU. Chemistry, technology of organic substances and biotechnology], 2013, no. 3, pp. 165–168.
- [12] Lirova B.I., Rusinova Ye.V. *Analiz polimernykh kompozitsionnykh materialov* [Analysis of polymer composite materials]. Yekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2008, 187 p.
- [13] Zapol'skiy A.K., Baran A.A. *Koagulyanty i flokulyanty* [Coagulants and flocculants]. Leningrad: Khimiya, 1987, 204 p.
- [14] Berlin A.A., Kislenko V.N., Solomentseva I.M. *Matematicheskoye modelirovaniye flokulyatsii suspenziy poli-elektrolitami* [Mathematical modeling of flocculation of suspensions with poly-electrolytes]. Kolloidnyy zhurnal [Colloid Journal], 1998, vol. 60, no. 5, pp. 592–597.
- [15] Kallmes O., Kallmes P., Bishop B. Monitoring flocculation on the paper machine. TAPPI, 1994, vol. 77, no. 7, pp. 194–198.
- [16] Lapin V.V. *O bystrom vzaimodeystvii v sisteme voloknistaya dispersiya — razbavlenyy rastvor kationnogo polielektrolita* [On fast interaction in the system fibrous dispersion — diluted solution of cationic polyelectrolyte]. Issledovaniya v oblasti khimii bumagi: sbornik trudov TSNIIB [Research in paper chemistry: Proceedings of the TsNIIB]. Moskva, 1976, no. 12, pp. 55–63.
- [17] Teslenko V.V., Danilova D.A., Fedyukin A.V., Nekhaychuk O.G. *Nekotoryye osobennosti ispol'zovaniya sinteticheskikh flokulyantov* [Some features of the use of synthetic flocculants]. Bumazhnaya promyshlennost' [Paper industry], 1989, no. 9, pp. 13–14.
- [18] Puzyrev S.A., Vorob'yev O.V., Sedova Ye.V. *Primeneniye kationnykh flokulyantov v proizvodstve bumagi* [The use of cationic flocculants in paper production]. Novyye tekhnicheskiye vidy bumagi i kartona [New technical types of paper and cardboard], 1987, pp. 22–27.
- [19] Linolstrom T., Flonen T. The effect of filler particle size on the olry-strenghtening effect of cationic starch wet- and adolition. Nord. Pulpand Paper Res. J., 1987, v. 2, no. 4, pp. 142–151.
- [20] Fleysher V.L., Chernaya N.V., Shishakov Ye.P., Chernysheva T.V. *Sposob polucheniya uprochnyayushchey dobavki dlya izgotovleniya bumagi* [A method of obtaining a hardening additive for the manufacture of paper]. Patent RB, no. 23441, 2018.
- [21] Kopylovich M.N., Radion Ye.V., Bayev A.K. *Raspredeleye razlichnykh form alyuminiya (III) i medi (II) v rastvorakh i skhema protsessa geteroyadernogo gidroksokompleksoobrazovaniya* [Distribution of various forms of aluminum (III) and copper (II) in solutions and the scheme of the process of heteronuclear hydroxocomplexation]. Koordinatsionnaya khimiya [Coordination chemistry], 1995, v. 21, no. 1, pp. 66–71.
- [22] Frolov Yu.G., Grodskiy A.S. *Laboratornyye raboty i zadachi po kolloidnoy khimii* [Laboratory work and tasks in colloidal chemistry]. Moscow, Khimiya, 1986, 186 p.
- [23] Primakov S.F., Milovzorov V.P., Kukhnikova M.S. *Laboratornyy praktikum po tsellyulozno-bumazhnomu proizvodstvu* [Laboratory workshop on pulp and paper production]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 168 p.
- [24] Bondarev A.I. *Proizvodstvo bumagi i kartona s pokrytiyem* [Manufacture of coated paper and board]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1985, 192 p.
- [25] Karpova S.V., Chernaya N.V. *Izucheniye svoystv melovannoy bumagi pri zamene prirodnogo svyazuyushchego na novoye sinteticheskoye* [Studying the Properties of Coated Paper when Replacing a Natural Binder with a New Synthetic]. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya pererabotki rastitel'nogo syr'ya: materialy dokladov Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. [Chemistry and Chemical Technology of Plant Raw Material Processing: Proc. Int. Science and Technology Conf.]. Minsk: BSTU, 2018, pp. 187–191.
- [26] Chernaya N.V., Fleisher V.L., Zholnerovich N.V. The creation and implementation of the resource-conserving technology of paper and paperboard sizing with hydro-dispersions of modified rosin in mode of heteroadagulation of peptized particles. PNRPU. Appliedecology. Urbandevelopment, 2017, no. 2, pp. 87–101. DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.08

Authors' information

Chernaya Natal'ya Viktorovna  — Dr. Sci. (Tech.), Professor of Department of Chemical Processing of Wood of the Belarusian State Technological University, chornaya@belstu.by

Shashok Zhanna Stanislavovna — Dr. Sci. (Engineering), Professor of Department of Polymer Composite Materials of the Belarusian State Technological University, shashok@belstu.by

Karpova Svetlana Valerievna — Assistant of Department of Chemical Processing of Wood of Belarusian State Technological University, aspirantura.bgtu@tut.by

Uss Elena Petrovna — Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of Department of Polymer Composite Materials of Belarusian State Technological University, uss@belstu.by

Misyurov Oleg Aleksandrovich — Pg. of Department of Chemical Processing of Wood of Belarusian State Technological University, omisyurov@mail.ru

Received 17.01.2022.

Approved after review 10.03.2022.

Accepted for publication 13.05.2022.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
 Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
 Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
 The authors declare that there is no conflict of interest