

# ТЕХНОЛОГИИ

УДК 676.011.24+676.22.017

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ КАНИФОЛЬНОЙ ПРОКЛЕЙКИ БУМАГИ И КАРТОНА В НЕЙТРАЛЬНОЙ СРЕДЕ В ПРИСУТСТВИИ СЛАБОУСНОВНОГО КАТИОННОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА

Н. В. ЧЕРНАЯ

Белорусский государственный технологический университет, ул. Свердлова, 13а, 220050, г. Минск, Беларусь.

*Дополнительное использование слабоосновного катионного полиэлектролита в композиции бумаги и картона обеспечивает качественную пептизацию осадков. Увеличение степени удержания пептизированных частиц и волокон в структуре бумаги и картона улучшает качество готовой продукции и способствует экономии волокнистого сырья, проклеивающего материала и электролита.*

### Введение

Современная тенденция развития бумажного и картонного производства характеризуется совершенствованием технологии канифольной проклейки [1] с целью улучшения качества производимой продукции и снижения ее себестоимости, а также разработкой и внедрением ресурсосберегающих технологий. Это направление является перспективным, так как обеспечивается экономия волокнистого сырья, проклеивающего материала и коагулянта, а также повышается экологичность предприятий за счет уменьшения загрязненности оборотных и сточных вод мелким волокном (мельштофмом), частицами клеевого осадка и электролита (в особенности сульфат-ионов).

К одним из основных способов комплексного решения указанных технологических, экономических и экологических проблем относятся, во-первых, перевод процесса канифольной проклейки из традиционной кислой среды (рН 5,0–5,2) в более рациональную нейтральную область (рН 6,5–7,2) [2] и, во-вторых, интенсификация флокуляционных процессов за счет дополнительного введения в микрогетерогенную систему слабоосновных катионных полиэлектролитов (СКП) [3]. В этом направлении проводятся исследования на кафедре химической переработки древесины УО БГТУ. Так, например, разработаны и внедрены клеевые композиции ТМВС-2Н [4–6] (6), полученные модифицированием смоляных кислот талловой канифоли моноэфирными малеиновыми ангидридами с высшими алифатическими спиртами фракции  $C_{17}$ – $C_{18}$  и ТМАС-3Н [7, 8] при модифицировании кислот моноэтаноламином, и отличающиеся от известных аналогов повышенным содержанием свободных смоляных кислот.

Использование пастообразных продуктов модифицированной канифоли для проклейки бумаги и картона основано, как правило, на том, что вначале их разводят водой (60–70 °С) с целью получения 1,5–5,0%-ых гидродисперсий модифицированной канифоли (ГМК), а затем такие ГМК дозируют в размоленную волокнистую суспензию и перемешивают микрогетерогенную систему для равномерного распределения дисперсной фазы ГМК в межволоконном пространстве.

Нами установлено [9], что последующее добавление в такую микрогетерогенную систему необходимого количества электролита приводит сначала к коагуляции ГМК (образуются раздисперсные осадки, способные пептизироваться), а затем – к пептизации (деагрегированию) осадков. Полученные пептизированные частицы являются мелкодисперсными и положительно заряженными, что в отличие от осадков способствует переводу процесса канифольной проклейки из традиционного режима гомотоагуляции в более эффективный режим гетероадагуляции [10]. Кроме того, предварительно проведенные исследования [11] доказали целесообразность дополнительного использования СКП в композиции клееных видов бумаги и картона с целью улучшения структурообразования проклеиваемой волокнистой суспензии и повышения прочностных показателей готовой продукции.

Однако в литературе отсутствует информация о влиянии СКП на гидрофобность и влагонепрочность бумаги и картона, проклеенных высокосмоляными ГМК в нейтральной среде в режимах гомотоагуляции и гетероадагуляции, и на степень удержания в структуре бумаги и картона

коагулятов, образовавших осадки, а также пептизированных частиц, полученных в результате дезагрегирования осадков и волокон. Поэтому проведение комплексных исследований в этом направлении представляет научный и практический интерес.

**Цель настоящей работы** – разработка и внедрение ресурсосберегающей технологии канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии слабоосновного катионного полиэлектрролита.

Для достижения поставленной цели необходимо установить влияние содержания в микрогетерогенной системе ГМК, электролита и СКП на гидрофобность и влагопрочность бумаги и картона и степень удержания в их структуре осадков, пептизированных частиц и волокон.

### Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования выбрана микрогетерогенная система, содержащая целлюлозные волокна (2,2 и 10,7 г для изготовления образцов бумаги (а) и картона (б)), воду (220,0 г для (а) и 1050,0 г для (б)) и расчетные количества ГМК (содержание увеличивали от 0 до 2,1% от абс. сух. волокна), электролита (содержание увеличивали от 0 до 6,0% от абс. сух. волокна) и СКП (содержание увеличивали от 0 до 0,6% от абс. сух. волокна).

В качестве волокнистого сырья использовали целлюлозу сульфатную беленую из хвойной древесины (ГОСТ 9571–89), размолотую в лабораторном роле до степени помола 40 ШР. Для проклейки полученной 1%-й волокнистой суспензии применяли 2,0%-ю высокосмоляную ГМК, приготовленную путем разбавления водой (60–70 °С) канифольной композиции ТМВС-2Н (ТУ РБ 00280198-029–97). Вначале в волокнистую суспензию дозировали расчетные количества ГМК (ХЗ). Затем для осуществления процесса коагуляции ГМК и последующего обеспечения пептизации образовавшихся осадков в микрогетерогенную систему последовательно добавляли расчетные количества 5%-го электролита (Х1) и 0,01%-го раствора СКП (Х2). В качестве электролита применяли раствор сульфата алюминия (ГОСТ 12966–85), имеющий рН 1,95 и содержащий гидроксоосединения алюминия в виде 100%  $Al(H_2O)_6^{3+}$  [12]. В качестве СКП применяли водорастворимую полиамидполиамидглихлоргидриновую смолу (ППЭС) (ТУ РБ 300041455.021–2001) с молекулярной массой 10000 у.е. Установлено, что в указанных диапазонах изменения Х1–ХЗ исследуемая микрогетерогенная система имеет рН 6,5–7,2, что свидетельствовало о протекании процесса канифольной проклейки в нейтральной среде.

Из полученных микрогетерогенных систем, отличающихся содержанием ГМК, электролита и СКП, изготовлены образцы бумаги (70 г/м<sup>2</sup>) и картона (340 г/м<sup>2</sup>) на листоотливном аппарате «Rapid-Ketten» фирмы «Ernst Naage» (Германия) в

соответствии с прилагаемой к нему инструкцией. Содержание химикатов (Х1–ХЗ) в микрогетерогенных системах изменяли по ортогональному насыщенному комбинаторному четырехуровневому плану [13]. Условия проведения эксперимента представлены в табл. 1.

Качество образцов бумаги и картона оценивали по таким показателям, как впитываемость при одностороннем смачивании ( $U_1$ , г/м<sup>2</sup>) и влагопрочность ( $U_2$ , %), которые определяли соответственно на аппарате Кобба по ГОСТ 12606-82Е и на разрывной машине фирмы «Lorents & Wettre» (Швеция) по ISO 1924-2.

Степень удержания ( $U_3$ , %) осадков и полученных из них пептизированных частиц определяли по методу экстрагирования в этиловом спирте [14] и данным турбидиметрического и электронно-микроскопического методов анализа [15]. Значения  $U_3$  рассчитывали по формуле [15]:

$$U_3 = 6,56 \cdot 10^{-8} (N_0 / (d_0 P)) (d_n l_n / M_0^2)^2, \% \quad (1)$$

где  $N_0$  – количество скоагулировавших частиц ГМК, шт.;  $P$  – содержание ГМК в микрогетерогенной системе, % от абс. сух. волокна;  $d_0$  – средний диаметр коагулата (осадка) или пептизированных частиц, м;  $d_n$  и  $l_n$  – диаметр и длина волокна соответственно, м;  $M_0$  – масса одного метра квадратного бумаги (картона), г.

Значения  $N_0$  рассчитывали по формуле [15]:

$$N_0 = 266,67 (d_n / d_0) (\rho_0 P / l_n), \quad (2)$$

где  $\rho_0$  – плотность осадка (а) и пептизированных частиц (б), кг/м<sup>3</sup> (для (а)  $\rho_0 = 1012$  кг/м<sup>3</sup>, для (б)  $\rho_0 = 1003$  кг/м<sup>3</sup>).

Степень удержания волокна ( $U_4$ , %) в структуре бумаги и картона определяли по стандартной методике [15].

Прочность образцов бумаги и картона при изменении содержания в их композиции химикатов Х1–ХЗ характеризовали разрывной длиной ( $U_5$ , м). Этот показатель определяли на разрывной машине фирмы «Lorents & Wettre» (Швеция) по ISO 1924-2.

Дополнительно было изучено изменение содержания сульфат-ионов в подсеточной воде по методике [16]. Эти данные получены для производственных условий при использовании разработанной технологии канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии ППЭС на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» (г. Шклов).

### Результаты эксперимента и их обсуждение

Условия проведения эксперимента и результаты его реализации представлены в табл. 1.

Математическую обработку результатов исследований проводили в электронных таблицах Excel [17]. Расчеты коэффициентов уравнений регрессии  $Y = f(X1-X3)$  позволили получить следующие математические зависимости:

Таблица 1. Условия проведения эксперимента и результаты его реализации

Номер опыта	Условия эксперимента			Результаты эксперимента				
	X1	X2	X3	У1	У2	У3	У4	У5
1	0	0	0	88,4	3,0	0	94,0	1600
2	0	0,2	0,7	56,5	6,2	66,6	96,2	4950
3	0	0,4	1,4	43,3	11,5	68,5	97,3	5300
4	0	0,6	2,1	38,6	15,6	54,8	98,0	5800
5	2	0	0,7	26,8	7,3	82,9	95,3	4800
6	2	0,2	1,4	18,2	14,8	90,3	96,5	5300
7	2	0,4	2,1	12,1	18,6	96,6	97,8	6900
8	2	0,6	0	84,8	5,5	0	99,4	4700
9	4	0	1,4	36,6	8,9	75,8	96,0	4900
10	4	0,2	2,1	28,6	12,5	86,9	97,5	6300
11	4	0,4	0	72,4	16,7	0	98,7	5800
12	4	0,6	0,7	42,8	10,9	73,6	99,5	4400
13	6	0	2,1	18,3	6,9	65,3	98,2	5600
14	6	0,2	0	82,5	8,5	0	98,8	6500
15	6	0,4	0,7	40,4	13,0	95,5	99,2	6900
16	6	0,6	1,4	26,9	18,5	78,3	99,6	7050

– для показателя «Впитываемость при одностороннем смачивании»

$$U1 = 87,00 - 52,14X1 + 173,96X2 - 11,82X3 + 62,60X1X2 - 18,93X1X3 - 197,92X2X3 + 12,71X1^2 + 83,72X3^2 - 0,90X1^3 + 380,21X2^2 - 13,00X3^3, \text{ г/м}^2; \quad (3)$$

– для показателя «Влагопрочность»

$$U2 = 3,88 + 70,94X1 + 70,94X2 - 30,63X3 - 19,17X1X2 + 5,71X1X3 + 69,35X2X3 - 1,56X1^2 + 1,62X3^2 - 0,02X1^3 - 156,25X2^2 - 3,16X3^3, \%; \quad (4)$$

– для показателя «Степень удержания коагулятов»

$$U3 = -4,00 + 37,06X1 + 122,92X2 + 153,63X3 - 29,58X1X2 + 11,61X1X3 + 120,83X2X3 - 10,43X1^2 - 174,58X3^2 + 0,79X1^3 - 354,17X2^3 + 38,39X3^3, \%; \quad (5)$$

– для показателя «Степень удержания волокон»

$$U4 = 91,08 - 0,10X1 + 5,23X2 + 2,69X3 + 1,02X1X2 - 0,45X1X3 - 6,01X2X3 + 0,01X1^2 - 0,37X3^2 + 0,01X1^3 + 5,21X2^2 + 0,36X3^3, \%; \quad (6)$$

– для показателя «Разрывная длина»

$$U5 = 4775,00 + 84,38X1 + 135,42X2 - 684,52X3 + 812,50X1X2 - 178,57X1X3 - 267,86X2X3 - 109,38X1^2 + 1441,33X3^2 + 20,31X1^3 - 5729,17X2^2 - 279,40X3^3, \text{ м}. \quad (7)$$

Полученные уравнения (3)–(7) позволили установить зависимости влияния X1–X3 на изменение U1–U5. Поверхности отклика, представленные на рис. 1, демонстрируют изменение U1–U4 при увеличении X1 от 0 до 6% от абс. сух. волокна и X2 от 0

до 0,6% от абс. сух. волокна при фиксированном содержании в микрогетерогенной системе ГМК (X3 = 2,1% от абс. сух. волокна). Для показателя «Разрывная длина» (U5) представлены двумерные сечения при увеличении содержания в микрогетерогенной системе не только электролита (X1) и СКП (X2), но и ГМК (X3).

Из рис. 1 следует, что содержание в микрогетерогенной системе электролита (X1) и СКП (X2) оказывает существенное влияние на гидрофобность (U1) и влагопрочность (U2) образцов бумаги и картона. Особенно заметно это проявляется в том случае, когда в микрогетерогенной системе присутствует электролит в количестве  $1,2 \leq X1 \leq 3,0$  и СКП в количестве  $0,3 \leq X2 \leq 0,5$ . При указанных условиях впитываемость при одностороннем смачивании (U1) не превышает  $10 \text{ г/м}^2$ , что свидетельствует о высокой гидрофобности образцов бумаги и картона. В то же время обеспечивается высокая влагопрочность для проклеенных образцов бумаги и картона, что имеет важное практическое значение.

Эти положительные эффекты можно, на наш взгляд, объяснить тем, что в результате коллоидно-химического взаимодействия дисперсной фазы ГМК с гидроксо соединениями алюминия сначала образуются разновеликие и крупнодисперсные осадки. Последующее введение в микрогетерогенную систему необходимого количества СКП обеспечивает пептизацию (деагрегирование) осадков. Полученные положительно заряженные пептизируемые частицы являются мелкодисперсными и обладают высокими адгезионными свойствами. Поэтому равномерное их распределение и прочная фиксация на поверхности растительных волокон объясняет повышение степени удержания их в структуре бумаги и картона, до 92,8% (рис. 1, е), в то время как для осадков этот показатель не превышает 76,1%. С другой стороны, при такой последовательности введения в микрогетерогенную систему химикатов усиливается флокулирующее действие СКП; об этом свидетельствует повышение показателя «Степень удержания волокон» (рис. 1, з) от 94,3 до 97,6%.

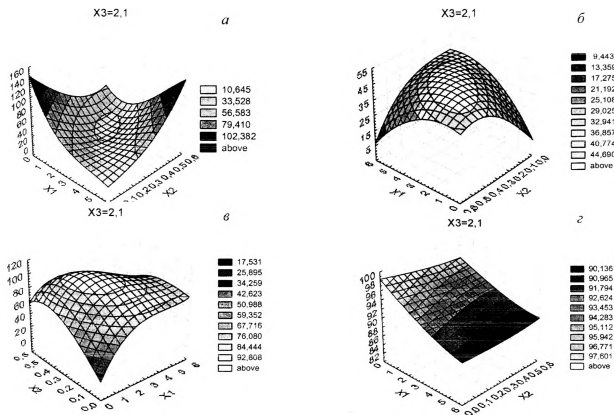


Рис. 1. Поверхности отклика показателя «Впитываемость при одностороннем смачивании» (а), «Влагопрочность» (б), «Степень удержания коагулятов» (в) и «Степень удержания волокон» (г) при увеличении содержания в микрогетерогенной системе электролита (X1) и слабоосновного катионного полиакриламид (X2) и фиксированном содержании ГМК (X3 = 2,1)

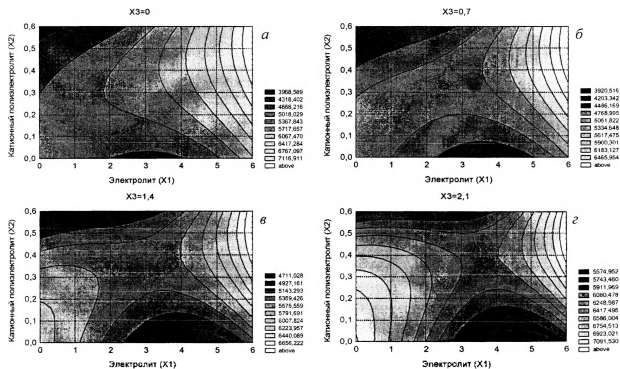


Рис. 2. Двумерные сечения поверхности отклика показателя «Разрывная длина» при увеличении содержания в микрогетерогенной системе электролита (X1) и слабоосновного катионного полиакриламид (X2) и фиксированном содержании ГМК (X3): а - 0, б - 0,7; в - 1,4; г - 2,1

Из рис. 2 видно, что разрывная длина образцов бумаги и картона, содержащих ГМК в количестве  $X_3 = 0,7$  (б),  $X_3 = 1,4$  (в) и  $X_3 = 2,1$  (г), превышает разрывную длину для неклеяемых образцов бумаги и картона, когда  $X_3 = 0$  (а). Это можно объяснить положительным влиянием слабососнового катионного полиэлектrolита ППЭС на улучшение структурообразования проклеенной волокнистой суспензии.

### Внедрение разработанной технологии

Разработанная технология канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии слабососнового катионного полиэлектrolита ППЭС внедрена на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак». Получено, что при дополнительном введении в микрогетерогенную систему ППЭС в количестве 1,8 кг/т бумаги для изготовления кашированных обоев и картона для промышленных нужд обладают стабильными гидрофобными, прочностными и влагопрочностными свойствами несмотря на высокую степень замкнутости водопотребления. Достигнуто повышение степени удержания коагулюмов от 74,8 до 86,8%. Уменьшение содержания волокна от 1350 до 880 мг/л и сульфат-ионов в подсеточной воде от 380,0 до 120 мг/л свидетельствует о снижении загрязненности оборотных и сточных вод на данном предприятии.

### Выводы

1. В результате коллоидно-химического взаимодействия дисперсной фазы ГМК с гидроксокомплексами алюминия  $Al(OH)_3$  образуются коагуляты, после агрегирования которых формируются разноразмерные осадки. Дополнительное введение в микрогетерогенную систему слабососнового катионного полиэлектrolита ППЭС обеспечивает пептизацию (десагрегирование) осадков.

2. Полученные пептизированные частицы являются мелкодисперсными и обладают высокими адгезионными свойствами, что повышает степень их удержания в структуре бумаги и картона от 76,1 до 92,8%. Это является основной причиной улучшения гидрофобности бумаги и картона.

3. Установлено, что обеспечение пептизации осадков позволяет сместить процесс канифольной проклейки бумаги и картона из традиционного режима гомотоагуляции в более эффективный режим гетероагуляции.

4. Внедрение разработанной технологии канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии слабососнового катионного полиэлектrolита ППЭС на ОАО «Бумажная фабрика «Спартак» подтвердило результаты проведенных исследований и позволило решить технологические, экономические и экологические проблемы на данном предприятии.

### Литература

- Колесников В. Л. Бумага и картон из волокнистополимерных композиций. – Мн.: БГТУ. – 2004
- Черная Н. В. Технология канифольной проклейки бумаги и картона в нейтральной среде в режиме гетероагуляции // Материалы, технологии, инструменты. – 2005 (10), № 4, 67–71
- Черная Н. В., Эмелле Г. Г., Ламоткина А. И. Перспективы производства гидрофобных видов бумаги и картона в нейтральной среде в присутствии полиэлектrolитов // Тезисы докл. на Междунар. научно-техн. конф. «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической промышленности и производстве строительных материалов» – Мн., БГТУ. – 2000, 327–329
- Способ получения клеевой композиции для проклейки бумаги и картона: пат. 2820 (РБ), МКИ D 21 H 11/00, 17/62 H 21/166 H C 09 J 193/04, C 09 F 1/4, заявл. 22.08.97; оп. 31.12.98 // А. И. Ламоткина, А. А. Комаров, Н. В. Черная и др.
- Бумажная масса: пат. 2816 (РБ), МКИ D 21 H 11/00, 17/62, C 09 J 193/04, заявл. 22.08.97; оп. 31.12.98 // А. И. Ламоткина, Н. В. Черная, А. А. Комаров, В. Л. Колесников
- Черная Н. В., Ламоткина А. И. Разработка и промышленные испытания импортзамещающей технологии гидрофобизации бумаги и картона в нейтральной среде на ОАО «Слонимский картоно-бумажный завод «Альбертин» // Тез. докл. на междунар. научно-техн. конф. «Разработка импортзамещающих технологий и материалов в химической промышленности» – Мн., БГТУ. – 1999, 357–359
- Флейшер В. Л., Ламоткина А. И., Чернышева Т. В., Черная Н. В., Бондаренко Ж. В. Опционно-промышленное производство высокомолекулярного клея с улучшенными проклеивающими свойствами // Материалы, технологии, инструменты. – 2005 (10), № 4, 59–62
- Черная Н. В., Ламоткина А. И., Флейшер В. Л., Бондаренко Ж. В., Чернышева Т. В. Промышленные испытания разработанной технологии проклейки бумаги и картона в нейтральной среде // Материалы, технологии, инструменты. – 2005 (10), № 4, 63–66
- Черная Н. В. Пептизация осадков при электрической коагуляции гидродисперсий модифицированной канифоли // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2005, вып. XIII, 151–155
- Черная Н. В. Влияние пептизированных частиц на качество бумаги и картона // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2005, вып. XIII, 147–150
- Жолнерович Н. В., Черная Н. В. Особенности структурообразования волокнистой суспензии в присутствии катионных полиэлектrolитов // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. – 2005, вып. XIII, 170–172
- Назаренко В. А., Антонович В. П., Певская Е. М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. – М.: Атомиздат. – 1979
- Колесников В. Л. Математические основы компьютерного моделирования химико-технологических систем. – Мн.: БГТУ. – 2003
- Крылатов Ю. А., Ковернинский И. Н. Материалы для проклейки бумаги и картона. – М.: Лесная промышленность. – 1982
- Черная Н. В., Ламоткина А. И. Разработка комплексной оценки эффективности процесса проклейки волокнистой массы // Ден в Бел-ИНТИП (1994) D199424. – 47 с. // Человек и экономика. – 1994, № 10
- Примаков С. Ф., Миловожоров В. П. Лабораторный практикум по целлюлозно-бумажному производству. – М.: Лесная промышленность. – 1980

17. Курник Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – Санкт-Петербург: ВВА – 1977
- 

Chernaya N. V.

**Development and introduction of resource-saving technology of colophonyzing of paper and board in neutral media with weak-base cation polyelectrolyte.**

The additional use of weak-based cation polyelectrolyte in paper and board compositions provides the peptization of sediments. As the degree of keeping of peptized particles and fibers in the paper and board structure increases finished products becomes more high-grade and raw fibers, the gluing agent, and electrolyte are saved

*Поступила в редакцию 6.03.2006.*

© Н. В. Черная. 2006.