

лонияльные инфузории р. *Opercularia* (Зб), коловратки, червь р. *Nematodes*. При этом спустя 40 часов после контакта пробы с субстратом одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* бактерий *Zoogloea ramigera* обнаружено не было, хлопок АИ стал более плотным, свободных бактерий нет. В холостой пробе без добавления субстрата водоросли *Chlorella vulgaris* как спустя 20 часов, так и спустя 40 часов экспозиции гелевое вспухание АИ наблюдалось по-прежнему: хлопья АИ остались рыхлыми, наблюдалось практически полное отсутствие простейших и массовое развитие бактерий *Zoogloea ramigera*.

Проведенные эксперименты позволили сделать следующие выводы:

1. Использование ферментных препаратов при нитчатом вспухании АИ позволяет улучшить качество АИ по технологическим параметрам (седиментационная характеристика, снижение дозы ила до допустимых значений) и гидробиологическим показателям (увеличение разнообразия биоценоза АИ);
2. По результатам экспериментальных исследований можно рекомендовать Фермент 1 в максимальной дозе для борьбы с нитчатым вспуханием АИ на БОС ЦБП;
3. Использование одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* при гелевом вспухании АИ позволяет улучшить качество АИ по седиментационным характеристикам и гидробиологическим показателям (увеличить разнообразие биоценоза), а также постепенно исключить гелевое вспухание АИ.

### Список литературы

1. Техническая рабочая группа № 1 (ТРГ-1) «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона». Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. Москва Бюро НДТ, 2015.
2. Ragunathan R., Swaminathan K. Biological treatment of a pulp and paper industry effluent by *Pleurotus* spp. // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. June 2004.
3. Никитина, О.Г. Типы хлопьев активного ила // Новые направления в технологии, автоматизации и проектировании водоснабжения и водоотведения. – М.: Мосводоканал НИИ проект, 1991.- С. 40-45.
4. Болотова К.С., Новожилов Е.В. Применение ферментных технологий для повышения экологической безопасности целлюлозно-бумажного производства // *Химия растительного сырья* 2015 №3 С.5-23.
5. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками/Н.С. Жмур – М.: Акварос, 2003.- 370 с.
6. Старовойтов С.В., Халил А.С. Влияние внешних факторов на скорость биохимических реакций микроводорослей // *ИВД*. 2017. №2 (45).

УДК 676.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БУМАГИ ДЛЯ ГОФРИРОВАНИЯ

Теплоухова М.В.<sup>1</sup>, Артемьева А.В.<sup>1</sup>, Андраковский Р.Э.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский  
 политехнический университет, г. Пермь

**Ключевые слова:** макулатурная масса, связующие вещества, бумага для гофрирования, электрокинетические параметры, показатели прочности бумаги, деформационные свойства.

**Аннотация.** Исследовано влияние катионных полимерных добавок на прочность бумаги для гофрирования, изготовленной из макулатурной массы. В качестве добавок были использованы катионный крахмал и *Fennobond 3300E*.

## THE STUDY OF THE PROPERTIES OF FLUTING

Teplouhova M.V.<sup>1</sup>, Artemeva A.V.<sup>1</sup>, Andrykowski R.E.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm

**Key words:** waste paper, binders, fluting, electrokinetic parameters, the strength of paper, the deformation properties.

**Abstract.** The influence of cationic polymer additives on the strength of fluting is investigated. Cationic starch and Fennobond 3300E were used as additives.

В настоящее время объемы потребления макулатуры в производстве бумаги и картона растут, особенно в производстве тароупаковочных видов бумаги и картона.

Вторичные волокна характеризуются пониженной индивидуальной прочностью, повышенной хрупкостью и ломкостью. Частичная потеря пластичности и эластичности волокон, сопровождается слабой способностью к образованию межволоконных связей. Кроме того, вторичные волокна характеризуются пониженной способностью к набуханию, гидратации и фибриллированию [1]. Эти особенности обуславливают проблему снижения прочности бумаги и картона, изготовленных на основе вторичных волокон. Наиболее значима эта проблема для тароупаковочной картонно-бумажной продукции, для которой прочность является основным свойством.

Возникающие технологические трудности производства бумаги на основе макулатурного сырья, вызванные нестабильным фракционным составом и пониженными бумагообразующими свойствами вторичного сырья, приводят к необходимости применения химических вспомогательных веществ, способных повысить физико-механические свойства бумаги [2-5]. В связи с этим в настоящее время для улучшения прочности бумаги (картона) предлагается достаточно большой ряд различных природных и синтетических связующих полимеров.

Цель данной работы – изучить влияние химических связующих веществ на прочностные характеристики бумаги для гофрирования, изготовленной из 100 % макулатуры.

Для исследования использовали макулатурную массу, приготовленную из макулатуры марки МС-5Б в промышленных условиях. Масса была отобрана из машинного бассейна картонно-бумажного цеха, т.е. до введения в массу каких-либо химических веществ, и содержала некоторое количество загрязняющих примесей. Степень помола массы составляла 22°ШР.

Для исследования макулатурная масса распускалась в дезинтеграторе, далее из распущенной массы на листоотливном аппарате изготавливалась бумага для гофрирования плотностью 112 г/м<sup>2</sup>. При изготовлении отливок использовалась свежая вода для каждой отливки.

В эксперименте для упрочнения бумаги в сухом состоянии использовали следующие связующие вещества: катионный крахмал кукурузный (степень замещения 0,04 моль/моль) отечественного производства и катионная синтетическая добавка «Fennobond 3300E» (производитель – финская компания Kemira). Химикаты индивидуально или в сочетании добавлялись в массу с определенным удельным расходом.

Электрокинетические свойства бумажной массы являются одним из факторов прочности бумаги. В связи с этим, в качестве контролируемых показателей были приняты: для макулатурной массы – катионная потребность (КП) и дзета-потенциал, для бумаги для гофрирования – разрывная длина, сопротивление плоскостному и торцевому сжатию.

Определение  $\zeta$ -потенциала волокон в макулатурной массе проводили на аппарате Mutek SZP-06. Методика определения дзета-потенциала основана на измерении потенциала протекания между двумя электродами. Катионную потребность определяли методом титрования с использованием в качестве электролита (титранта) полидадмака на приборе Mutek РСD-04.

Результаты экспериментов по влиянию полимерных связующих на электрокинетические свойства и обезвоживаемость бумажной массы, и показатели механической прочности бумаги для гофрирования представлены в таблицы 1 и 2, соответственно.

Из таблицы 1 следует, что добавляемые в массу исследуемые полимеры в разной степени уменьшают отрицательное значение  $\zeta$ -потенциала волокон и катионную потребность макулатурной массы.

В исследуемых условиях синтетическая смола «Fennobond 3300E» позволяет в большей степени уменьшить катионную потребность массы (КП снижается до 40 мк-экв/л против 56 мк-экв/л для крахмала), т.е. добавка проявляет лучшие фиксирующие свойства по отношению к анионным загрязнителям по сравнению с крахмалом. При этом катионный крахмал обеспечивает более эффективное снижение отрицательного заряда поверхности волокон ( $\zeta$ -потенциал уменьшается при использовании крахмала до 33 мВ, «Fennobond 3300E» – до 43 мВ), что означает более высокую сорбционную способность вторичных волокон по отношению к крахмалу.

Таблица 1– Влияние связующих веществ на свойства бумажной массы

N пп	Вид химиката	Расход полимера в массу, кг/т	Электрокинетические показатели		Продолжительность обезвоживания массы (700 мл), с
			катионная потребность, мк-экв/л	$\zeta$ -потенциал, мВ	
1	–	–	98	-55,6	45
2	Fennobond 3300E	5	90	-51,0	42
3	Fennobond 3300E	10	60	-50,8	41
4	Fennobond 3300E	15	40	-44,6	42
5	Fennobond 3300E	20	44	-43,2	41
6	крахмал	5	61	-40,2	44
7	крахмал	7	56	-38,7	44
8	крахмал	9	58	-34,1	44
9	крахмал	11	57	-33,1	43
10	Fennobond 3300E + крахмал	5+7	49	-39,3	44

Установлено, что электрокинетические показатели в большей степени уменьшаются при увеличении расхода «Fennobond 3300E» до 15 кг/т, крахмала – до 9 кг/т. Совместное использование катионных добавок также является эффективным.

Синтетическая добавка «Fennobond 3300E» позволила, в исследуемых условиях, сократить время обезвоживания массы на 3-4 секунды (таблица 1). При использовании крахмала показатель уменьшился лишь на 1-2 секунды.

Изменение электрокинетических показателей бумажной массы, в целом, вызывает изменение физико-механических показателей бумаги. При увеличении расхода исследуемых связующих веществ увеличиваются показатели механической прочности бумаги. Более эффективным для повышения прочности бумаги является синтетическая катионная добавка «Fennobond 3300E». В исследуемых условиях для повышения прочности бумаги оптимальным следует считать расход: «Fennobond 3300E» – 15 кг/т, крахмала – 9 кг/т (таблица 2). При оптимальном расходе в массу связующего вещества «Fennobond 3300E» увеличение разрывной длины бумаги составляет ~ 30 %, сопротивление плоскостному сжатию ~13 %, сопротивление торцевому сжатию – более 30 %. При оптимальном расходе крахмала эти значения составляют ~ 7, ~ 7,5 и ~ 22 %, соответственно.

Физико-механические свойства бумаги для гофрирования следует рассматривать с двух точек зрения. С точки зрения потребительских свойств гофротары гофрированный слой в гофрокартоне выполняет амортизационную функцию, которая во многом зависит от прочности бумаги для гофрирования. С точки зрения переработки бумаги для гофрирования в гофрослой бумага должна обладать высокими упруго-пластичными свойствами для предотвращения разрушения бумаги в процессе гофрообразования на гофроагрегате.

Таблица 2– Влияние связующих веществ на показатели механической прочности бумаги

№ пп	Вид химиката	Расход связующего в массу, кг/т	Показатели прочности бумаги		
			разрывная длина, м	сопротивление плоскостному сжатию, Н	сопротивление торцевому сжатию, кН/м
1	–	–	3320	132	1,00
2	Fennobond 3300E	5	3400	139	0,90
3	Fennobond 3300E	10	3965	136	0,93
4	Fennobond 3300E	15	4380	149	1,33
5	Fennobond 3300E	20	4175	135	1,05
6	крахмал	5	3520	139	0,98
7	крахмал	7	3475	141	1,06
8	крахмал	9	3570	142	1,22
9	крахмал	11	3720	133	1,10
10	Fennobond 3300E + крахмал	5+7	3665	139	1,14

В связи с этим в следующей серии опытов были изучены физико-механические свойства бумаги, измеренные на вертикальной разрывной машине модели F81838, которая позволяет в автоматическом режиме определить ряд прочностных и деформационных показателей.

Для опытов данной серии использовали макулатурную массу, приготовленную в лабораторных условиях из отходов производства бумаги и картона. Полученный образец отличался меньшей сорностью по сравнению с образцом, отобранном из производственного потока. Степень помола образца - 21 °ШР.

Из представленных в таблице 3 данных видно, что, как и в предыдущей серии опытов, присутствие полимеров в бумажной композиции благоприятно влияет на прочностные свойства бумаги. Образец, изготовленный без химикатов, имеет наименьшую прочность. Максимальные показатели бумаги достигаются при использовании синтетического полимера «Fennobond 3300E». Добавка в композицию бумаги «Fennobond 3300E» обеспечивает значительное увеличение модуля эластичности бумаги (приблизительно на 38 %). Использование в композиции бумаги крахмального клея, наоборот, понижает этот показатель на ~ 20 %.

Таблица 3 – Физико-механические характеристики бумаги для гофрирования

Показатели	Используемые в композиции бумаги химикаты			
	Без химикатов	Fennobond 3300E (15 кг/т)	Крахмал (9 кг/т)	Fennobond 3300E + крахмал (5+7 кг/т)
Максимальное усилие при растяжении, Н	63,8	91,7	82,6	87,9
Сопротивление разрыву при растяжении, кН/м	4,3	6,1	5,6	5,9
Разрывная длина, км	3,87	5,56	5,01	5,33
Модуль эластичности, Н/мм <sup>2</sup>	5186,32	7135,22	4150,90	5627,47

Таким образом, исследуемые добавки обеспечивают увеличение прочности бумаги. Более эффективной является синтетическая катионная смола «Fennobond 3300E», которая позволяет повысить и прочностные, и упруго-пластичные свойства бумаги. Крахмал обеспечивает повышение прочностных свойств бумаги при снижении модуля эластичности.

#### Список литературы

1. Южанинова, Л.А., Дулькин Д.А, Спиридонов В.А, Комаров В.И. Особенности технологии бумаги-основы для гофрирования из макулатуры и требования к ее потребительским свойствам. Архангельск, 2007. - 103 с.

2. Идиатулин А.М. О применении катионного крахмала в производстве бумаги и картона из вторичного волокна // Научные труды 5-й международной конф. Караваево, 2004. С. 58-62.
3. Колесников В.Л. Бумага и картон из волокнисто-полимерных композиций. Минск: БГТУ, 2004. 274 с.
4. Осипов П.В. Совершенствование производства продукции со свойствами влагопрочности // Наука и технология. 2012. № 7. С. 56–59
5. Кожевников С.Ю., Вдовина О.С., Ковернинский И.Н. Химические продукты и инновации «СКИФ Спешиал Кемикалз» для бумаги и картона // Целлюлоза. Бумага. Картон. 2015. №5. С. 64–66.

УДК 676.164.8

**ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДРЕВЕСИНЫ БЕРЁЗЫ ПРИ ДВУХ  
РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВАРКИ В СИСТЕМЕ  
ГИДРОКСИД КАЛИЯ – ГИДРАЗИН – ИЗОБУТИЛОВЫЙ СПИРТ – ВОДА**

**Удальцов В.А.<sup>1</sup>, Вураско А.В.<sup>1</sup>**  
**<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический  
университет, г. Екатеринбург**

***Ключевые слова:** варка, берёза, гидроксид калия, гидразин, изобутиловый спирт.*

***Аннотация.** Приведено описание двухступенчатого способа варки с использованием гидроксида калия, гидразина, изобутилового спирта и воды. Представлено сравнительное исследование варки при двух температурах 130 °С и 140 °С. Рассмотрено и дано описание явлениям, происходящим с компонентами древесины при пропитке и варке.*

**THE PROCESS OF COMPONENTS OF BIRCH WOOD DISSOLUTION UNDER TWO  
DIFFERENT COOKING TEMPERATURES IN THE SYSTEM OF POTASSIUM  
HYDROXIDE, HYDRAZINE, ISOBUTYL ALCOHOL, WATER**

**Udaltsov V.A.<sup>1</sup>, Vurasko A.V.<sup>1</sup>**  
**<sup>1</sup>Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg**

***Key words:** pulping, birch wood, potassium hydroxide, hydrazine, isobutyl alcohol.*

***Abstract.** Two staged cooking method with the usage of potassium hydroxide, hydrazine, isobutyl alcohol and water is described. The comparative research of cooking under two temperatures 130 °C and 140 °C is presented. The processes which take place during the wood components impregnation and cooking has been reviewed and described.*

В качестве альтернативы натронному и сульфатному способам варки предлагается щелочной способ, в котором вместо соединений натрия для делигнификации при варке древесины действуют соединения калия. Этот способ может подойти для малых предприятий, которые не могут позволить использовать сложную систему регенерации химикатов. Способ варки двухступенчатый и основывается на низкотемпературной пропитке древесной щепы водным щелочным раствором (первая ступень); на частичном отборе отработанного раствора по окончании пропитки с заменой его на изобутиловый спирт со снижением жидкостного модуля; на варке с быстрым подъёмом температуры до конечной (вторая ступень).

Комбинация реагентов для варки в системе гидроксид калия – гидразин – изобутиловый спирт – вода способна реализовать такие преимущества:

- **гидроксид калия** в качестве делигнифицирующего реагента позволяет использовать калиевые соединения в двух последовательно выстроенных технологиях: производство целлюлозы и производство органоминеральных удобрений [1, 2];