

Получение упаковочной бумаги на основе хлопкового пуха и макулатуры

**Н. Р. Кадирова¹, А. С. Рафиков¹,
Н. Н. Ясинская², Д. Б. Туйчиев¹,
К. А. Ленко²**

*¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
Республика Узбекистан
²Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Целью данной работы является определение возможностей получения экологически чистой упаковочной бумаги на основе хлопковых отходов, образующихся на текстильных предприятиях, а также макулатуры. Получена упаковочная бумага на основе хлопкового пуха, который образуется в значительных количествах на хлопкоочистительных, прядильных, ткацких и трикотажных предприятиях и который не нашел практического применения на сегодняшний день, а также макулатуры класса MS-6. Электрокинетический потенциал (-180–235 мВ), удельная электропроводность (0,03–0,21 $\mu\text{S}/\text{cm}$) волокнистой суспензии является фактором ее относительной стабильности. Получены образцы упаковочной бумаги из 100 % хлопкового пуха, 100% макулатуры и из их 9 различных смесей. Образцы бумаг, полученные из волокнистой смеси 30–70 % хлопкового пуха и 70–30 % макулатуры, имеют более высокие физико-механические свойства, чем образцы, полученные из чистого пуха или макулатуры. Введение 2 % акриловой эмульсии в состав волокнистой массы обеспечивает возрастание сопротивления к разрыву образцов бумаги на 25–45 %, длины разрыва – на 30–35 %, пробивной силы – на 10–55 %, количества двойных изгибов – на 60–250 % и внутренней прочности – на 10–35 %. Самый значительный прирост наблюдался в образцах, содержащих хлопковый пух и макулатуру при массовом соотношении 50:50. Производство упаковочной бумаги на основе волокнистых отходов может оказаться решением одного из экологических проблем текстильных предприятий и проектом с экономической эффективностью.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажная промышленность, экологически чистые материалы, электрокинетический потенциал, коагуляция, волокнистая суспензия, переработка отходов.

Информация о статье: поступила 24 ноября 2025 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2025)», которая состоялась 18–19 ноября 2025 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Production of packaging paper based on the cotton fluff and waste paper

**Nargis R. Kadirova¹, Adxam S. Rafikov¹,
Natalia N. Yasinskaya², Davlatxuja B. Tuychiev¹,
Ksenia A. Lenko²**

*¹Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Republic of Uzbekistan
²Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus*

Abstract. The objective of this work is to investigate the feasibility of producing environmentally friendly packaging paper from cotton waste generated by textile enterprises, as well as waste paper. Packaging paper has been produced using the cotton fluff, which is generated in significant quantities at ginning, spinning, weaving and knitting mills and which has not found practical application to date, as well as MS-6 waste paper. Electrokinetic potential (-180–235 mV), specific electrical conductivity (0.03–0.21 $\mu\text{S}/\text{cm}$) of the fibrous suspension are factors of its relative stability. Samples of packaging paper were obtained from 100 % cotton fluff, 100 % waste paper and from 9 different mixtures of them. Paper samples obtained from a fibrous mixture of 30–70 % cotton fluff and 70–30 % waste paper have higher physical and mechanical properties than samples obtained from pure fluff or waste paper. The introduction of 2 % acrylic emulsion into the composition of the fibrous mass provides an increase in tensile strength of paper samples by 25–45 %, rupture length – by 30–35 %, penetrating force – by 10–55 %, the number of double bends – by 60–250 % and internal

strength – by 10–35 %. The most significant increase was observed in samples containing cotton fluff and waste paper at a 50:50 weight ratio. Producing packaging paper from fiber waste could prove to be a cost-effective solution to one of the environmental problems facing textile companies.

Keywords: pulp and paper industry, environmentally friendly materials, electrokinetic potential, coagulation, fibrous suspension, waste recycling.

Article info: received November 24, 2025.

The article summarizes the research materials presented at the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation" (ICTAI-2025), held on November 18–19, 2025 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

Анализ рынка бумаги и картона показывает, что крупнейшим видом продукции, объём производства которого в последние годы непрерывно растёт во всём мире, остаётся упаковочная бумага различного назначения. Его развитие обусловлено постоянным ростом спроса на экологически чистые современные упаковочные материалы. При мировом объёме производства бумаги в 177 миллионов тонн в год, к 2030 году наибольший объём будет приходиться на санитарно-гигиеническую, оберточную и упаковочную бумагу. Ожидается, что ежегодный темп роста потребления упаковочных материалов и бумаги составит около 2,9 % [Stig S., 2020].

Бумага, в том числе упаковочная, представляет собой композитный материал, состоящий из волокнистых, полимерных, минеральных, связующих и других компонентов. Основным волокнистым сырьем для производства бумажной продукции является древесная или хлопковая целлюлоза. Крайний дефицит первичного целлюлозного сырья подталкивает производителей к использованию вторичного сырья, такого как макулатура, хлопковый линт и пух, а также текстильные отходы, для производства бумажной продукции. Переработка отходов не происходит в ожидаемых объемах по ряду причин, поэтому воздействие на окружающую среду и экономические потери от этих отходов со временем растут [Wagaw T. and Babu K.M., 2023].

В настоящее время упаковочная бумага и картон производятся практически полностью из макулатуры [Ervasti I., Miranda R. and Kauranen I., 2016; Håkon A.L. et al., 2024]. Макулатура – это в основном отходы типографской бумаги, газет, журналов, картонной тары, которые могут быть возвращены в новый потребительский цикл путем переработки. Систематический обзор литературных источников показывает, что количество статей и ссылок увеличивается в связи с растущим интересом

к этой области [Altaf H., 2006]. Теоретически макулатуру можно перерабатывать 6–7 раз, но с учетом снижения качества бумажной продукции в результате каждой переработки на практике ее перерабатывают 2–4 раза [Min D. et al., 2023]. Макулатура, являющаяся основным компонентом промышленных и бытовых отходов, производится 400 миллионов тонн в год, но из-за низкого качества ее волокон и смешанных с ней отходов перерабатывается только 50–65 % ее. Основной причиной низкого качества переработанной бумаги является уменьшение длины волокон [Slautin D.V., Teploukhova M.V. and Andrakovsky R.E., 2018]. Для приготовления вторичной целлюлозы необходимо измельчить волокна, добавить наполнители и проклеивающие вещества, однако этот метод всё же снижает стабильность продукта [Daniel M. et al., 2023].

Для повышения прочности при переработке целлюлозной массы вводят больше полимеров и обеспечивают их удержание в ней. Однако было обнаружено, что переработка полимеров по этому методу отрицательно влияет на пухлость бумаги, т. е. плотность бумаги становится нежелательно высокой [Goiricelaya I. and Igaza J.J., 1996]. Повышение прочности бумаги и картона без ущерба для пухлости является сложной задачей. Для повышения прочности бумаги с сохранением биоразлагаемости предлагается наносить на ее поверхность полимерную пленку, изготовленную из натуральных продуктов [Dulal H. et al., 2022; Ilpo E., Ruben M. and Ilka K., 2016].

Таким образом, в настоящее время наблюдается дефицит экологически безопасной волокнистой целлюлозы для производства бумаги и картона, и возникает необходимость поиска новых источников сырья. По нашему мнению, таким источником может быть хлопковый пух, накапливающийся в процессе производства на текстильных фабриках.

На предприятиях первичной обработки хлопка, прядельных, ткацких и трикотажных фабрик от машин и механизмов выделяется большое количество волокнистого пуха (Tutus A., Comlekcioglu N. and Karatas B., 2017). Этот пух, во-первых, приводит к ухудшению экологической обстановки на предприятии, а во-вторых, непригоден для производства продукции, соответствующей профилю предприятия (Yadav S., Kaur M. and Kaur M., 2022; Ashori A. and Bahreini Z., 2009). Хлопковые отходы, которые в настоящее время не используются, могут быть ценным источником сырья.

Целью данной работы является определение возможностей получения экологически чистой упаковочной бумаги на основе хлопковых отходов, образующихся на текстильных предприятиях, а также макулатуры.

Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования использовали хлопковый пух (ХП), образующийся в процессе кардочесания на оборудовании «Тамплер» и «Шартолон» перчаточного цеха, который был предоставлен совместным предприятием «ЕвроАзия Альянс Текстиль». Только в этом цехе ежемесячно образуется около 1 тонны волокнистых отходов, из которых 2–5 % приходится на синтетические волокна, остальное – на целлюлозу. Перед изготовлением бумаги ХП измельчали до степени 50–55 градусов Шоппера-Риглера (°ШР) на лабораторной установке «YANTE 23L» (Китай).

Отходы картона, относящиеся к классу макулатуры МС-6, также измельчали до степени 50–55 °ШР на установке «YANTE 23L».

Акриловая эмульсия – продукт эмульсионной полимеризации метилакрилата, прозрачная жидкость, смешиваемая с водой в любых соотношениях, производится на АО «Навоизот».

В качестве коагулянта использовали химически чистый сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$.

Образцы бумаги на основе ХП и макулатуры отливали на лабораторной установке «CYEEO-2.2» (Китай). В качестве связующего добавляли акриловую эмульсию, обладающую высокими адгезионными свойствами к целлюлозным волокнам, в количестве 2 % от общей массы волокна. Образцы бумаги формовали путем обезвоживания 2 %-ной суспензии волокнистой массы на сетке бумагоотливочной установки с использованием вакуума, ручного каландрирования, сушки при температуре $(60 \pm 1,0)$ °С и последующего каландрирования с помощью прижимных валов.

Степень обрывности волокнистой массы определяли на лабораторном комплексе «Schopper-Riegler» (Китай).

Электрокинетический потенциал волокнистой суспензии определяли при постоянной температуре в установке «SZP 06 BTG Mtek GmbH» методом потенциала течения. Концентрация суспензии для анализа принята 3 %. Если это значение превышает указанное, анализируемую суспензию разбавляют фильтратом.

Отбор проб, приготовление средней пробы и испытания для определения физико-механических свойств проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 13525.1-79 «Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения разрывной нагрузки и относительного удлинения при разрыве». Образцы для испытаний длиной 155 ± 5 мм и шириной $15 \pm 0,1$ мм изготавливали методом однонаправленной резки из полученной бумаги.

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Формирование бумажного листа связано с коллоидно-химическими свойствами волокнистой суспензии. Одним из параметров, определяющих эти свойства, является электрокинетический потенциал дисперсных частиц. Электрокинетический, или ζ (дзета)-потенциал (ЭП), – это потенциал, возникающий на границе адсорбционного и диффузионного слоев в двойном электрическом слое (ДЭС) дисперсных систем. ЭП, отражающий свойства ДЭС, определяется в результате экспериментального изучения электрокинетических явлений (Serrano-Lotina A. et al., 2023).

При большом положительном или отрицательном заряде частиц между ними действуют сильные электростатические силы отталкивания. Это препятствует сближению частиц и образованию агломератов. При близком расположении частиц на них действуют силы Ван-дер-Ваальса, основанные на диполь-дипольных взаимодействиях и приводящие к агрегации частиц. При малом значении ЭП велика вероятность коалесценции и коагуляции частиц. Измерение ЭП не является прямым показателем устойчивости суспензии, но его значение позволяет прогнозировать её устойчивость или неустойчивость. Поскольку ЭП измерить проще, чем устойчивость, именно по ней определяют устойчивость дисперсной системы. Значение ЭП, равное ± 30 мВ, можно условно принять за предельное значение для более и менее заряженных поверхностей. Если ЭП находится

в пределах от 0 до ± 30 мВ, систему можно считать неустойчивой, а если оно больше ± 30 мВ, то её можно считать устойчивой.

Электрокинетические свойства волокнистой суспензии зависят от её состава и концентрации. Было обнаружено, что акриловая эмульсия (АЭ) и коагулянт оказывают различное влияние на свойства суспензии (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, ЭП суспензии смеси ХП и макулатуры имеет высокое отрицательное значение. При добавлении акриловой эмульсии значение ЭП еще больше увеличивается, удельная электропроводность

снижается, т. е. устойчивость суспензии повышается. Согласно теории коагуляции под действием электролита отрицательно заряженные коллоидные частицы коагулируют положительно заряженными ионами. Чем больше заряд катиона, в данном случае катиона алюминия, тем меньше порог коагуляции. Поэтому добавление 1 % электролита сульфата алюминия вызывает резкое снижение потенциала ЭП, а добавление 2 % приводит к его полному исчезновению. При этом полное исчезновение потенциала частицы происходит на границе адсорбционного и диффузионного слоев. Поскольку избыточные ионы электролита остаются в диффузионном

Таблица 1 – Электрокинетические свойства волокнистой суспензии

Table 1 – Electrokinetic properties of fiber suspension

Состав суспензии	Электрокинетический потенциал, mV	Удельная электропроводность, $\mu\text{S/cm}$
ХП + макулатура	-182,9	0,207
ХП + макулатура + АЭ (2 %)	-233,5	0,032
ХП + макулатура + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (1 %)	-66,7	0,203
ХП + макулатура + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (2 %)	0	0,331

Таблица 2 – Параметры приготовления экспериментальных образцов бумаги

Table 2 – Parameters for preparing experimental paper samples

№ образца	Состав волокнистой массы, %		Акриловая эмульсия	Поверхностная плотность бумаги, г/м^2	Объемная плотность бумаги, г/см^3
	ХП	макулатура			
1	100	0	-	107	4,28
2	100	0	+	113	4,52
3	90	10	+	108	4,32
4	80	20	+	107	4,28
5	70	30	+	114	4,56
6	60	40	+	117	4,68
7	50	50	-	113	4,52
8	50	50	+	111	4,44
9	40	60	+	114	4,56
10	30	70	+	116	4,64
11	20	80	+	113	4,52
12	10	90	+	115	4,60
13	0	100	-	117	4,68
14	0	100	+	114	4,56

слое, удельная электропроводность суспензии увеличивается. Следовательно, ее устойчивость можно регулировать добавлением в суспензию полимера или электролита. Дальнейшие исследования были посвящены определению физико-механических свойств экспериментальных образцов бумаги, полученных с различным массовым соотношением волокнистых компонентов (таблица 2). Согласно ГОСТ 8273-75 Бумага оберточная. Технические условия, поверхностная плотность упаковочной бумаги марки Е (из макулатуры, небеленой целлюлозы и волокнистых отходов целлюлозно-бумажного производства) должна составлять 40–120 г/м².

Из данных таблицы 1 видно, что физические свойства бумаги слабо зависят от её состава, то есть состава волокнистой массы и наличия акриловой эмульсии. Средняя масса полученных экспериментальных образцов бумаги составляет 112±5 г/м², разница менее 8 %.

Объемная плотность бумаги составляет 4,48±0,20 г/см³, разница менее 5 %. Это свидетельствует о практически одинаковой степени помола ХП и макулатуры. Возможно, влияние состава бумаги на механические свойства образцов будет более значительным.

В первую очередь было изучено влияние введения акриловой эмульсии на основные механические свойства образцов, полученных при массовом соотношении 100 % ХП, 100 % макулатуры и 50:50 ХП. Результаты представлены на рисунке 1. Согласно ГОСТ 8273-75, разрывная длина упаковочной бумаги марки Е поверхностной плотностью 90–120 г/м² должна быть не менее 2200 м.

Как видно из рисунка 1, все определяемые показатели в образцах бумаги из смешанных волокон выше, чем в образцах из 100 % ХП и 100 % макулатуры. Введение акриловой эмульсии приводит к улучшению механических свойств в среднем на 20–40 %. В частности, наблю-

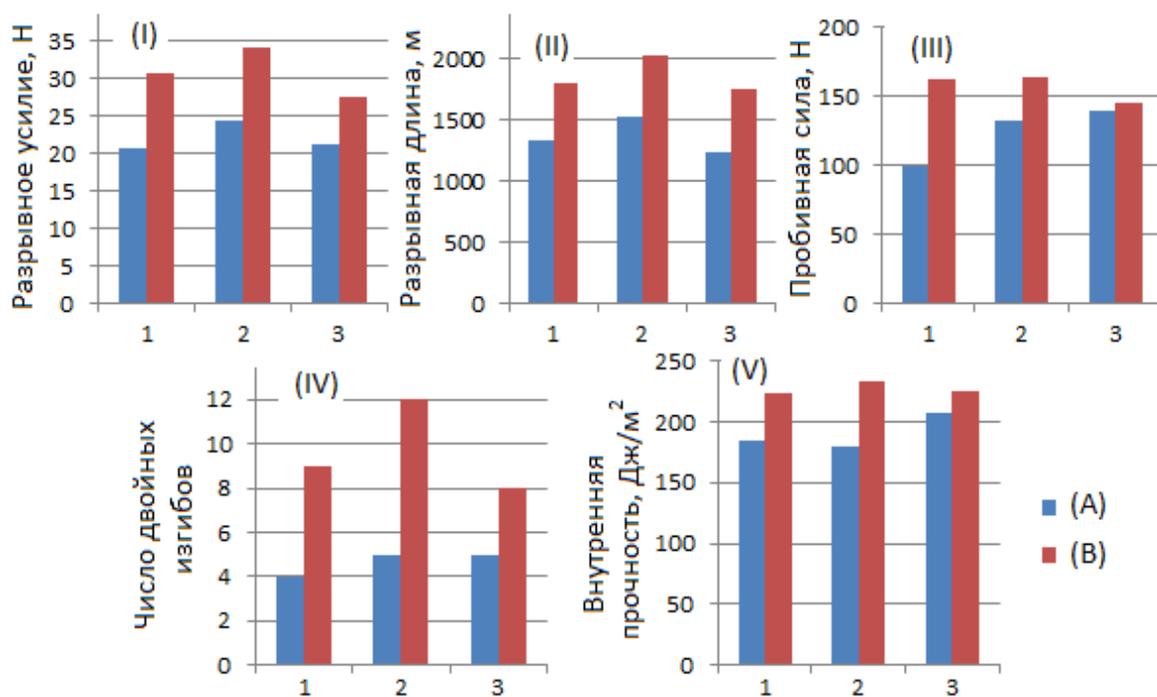


Рисунок 1 – Разрывное усилие (I), разрывная длина (II), пробивная сила (III), количество двойных изгибов (IV) и внутренняя прочность (V) экспериментальных образцов бумаги без (А) и с (Б) акриловой эмульсией:

1 – 100 % ХП, 2 – 50% ХП + 50 % макулатуры, 3 – 100 % макулатуры

Figure 1 – Breaking strength (I), breaking length (II), penetration force (III), number of double folds (IV) and internal strength (V) of experimental paper samples without (A) and with (B) acrylic emulsion:

1 – 100 % CF, 2 – 50 % CF + 50 % waste paper, 3 – 100 % waste paper

далось резкое увеличение числа двойных изгибов, для образца бумаги из смешанных волокон этот показатель увеличивается почти в 2,5 раза. Эти результаты можно объяснить следующим образом. Поскольку степень обрыва волокон одинакова, наблюдается положительный индукционный эффект, при этом свойства каждого из них сохраняются в их смеси. В результате взаимодействия различных функциональных групп в их составе механическая прочность смеси несколько увеличивается. Полиметилакрилат, входящий в состав акриловой эмульсии, наряду с функцией межволоконного адгезива, повышает эластичность волокнистой массы.

Это, в свою очередь, повышает механическую прочность получаемой бумаги, прежде всего, её устойчивость к изгибу. Поскольку внутренняя прочность бумаги зависит в большей степени от сцепления волокон, чем

от её волокнистого состава, этот показатель для разных образцов показал близкие значения. Дальнейшие исследования были посвящены изучению механических свойств образцов бумаги различного состава, склеенных акриловой эмульсией (рисунок 2).

Данные на рисунке 2 частично подтверждают и дополняют результаты предыдущего эксперимента. Механические свойства образцов бумаги, полученных из смеси волокон, выше, чем у образцов, полученных из чистых волокон, но не во всем диапазоне. С увеличением массовой доли ХП в составе бумаги механические свойства увеличиваются, достигают максимума, а затем снижаются. Максимум кривых наблюдался для образца, содержащего 70 % ХП и 30 % макулатуры. Оказалось, что у образцов с содержанием ХП более 80 % все механические свойства хуже, чем у образцов, полученных из

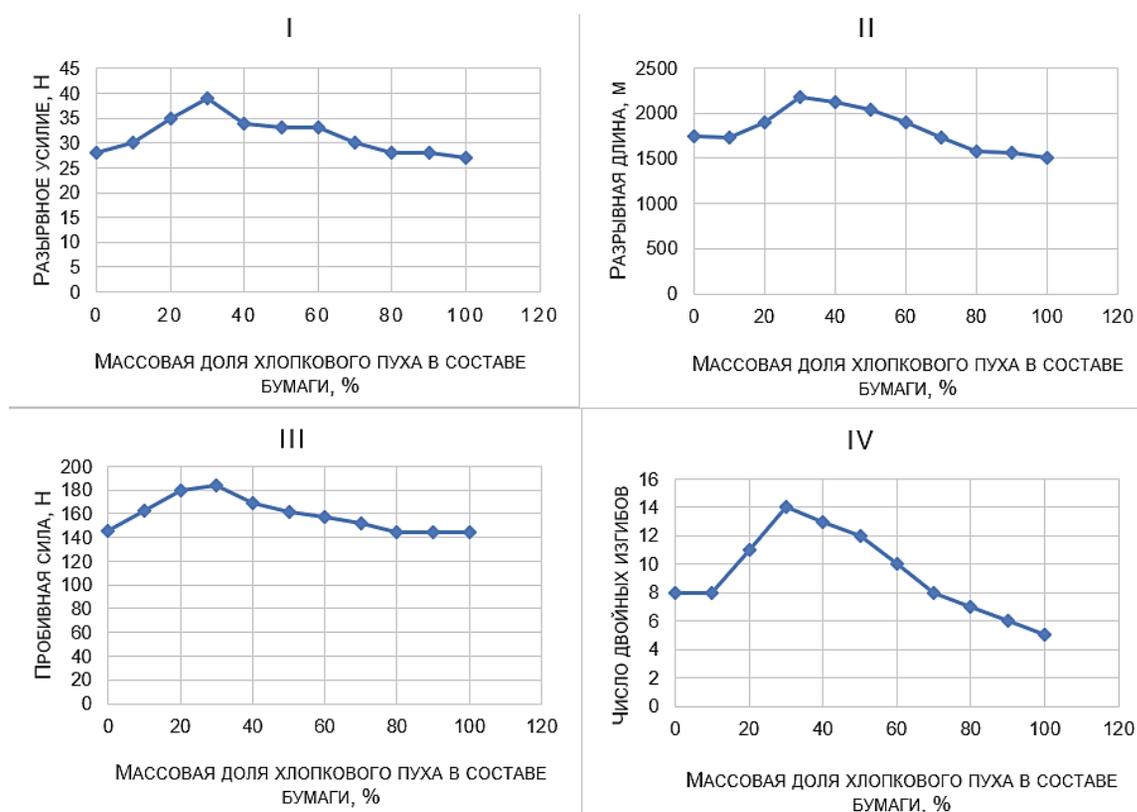


Рисунок 2 – Зависимость механических свойств (разрывное усилие (I), разрывная длина (II), пробивная сила (III), число двойных изгибов (IV)) экспериментальных образцов бумаги с 2 % акриловой эмульсии от волокнистого состава

Figure 2 – Dependence of mechanical properties (breaking force (I), breaking length (II), penetration force (III), number of double bends (IV)) of experimental paper samples with 2 % acrylic emulsion on the fiber composition

чистого хлопка или чистого ХП.

Энергия новых межмолекулярных связей не может компенсировать разрушение молекулярной структуры целлюлозы в результате добавления более 80 % ХП в состав макулатуры, поэтому механические свойства могут ухудшаться. С увеличением количества ХП возрастает также роль новых межмолекулярных связей, что приводит к повышению механических свойств бумаги, однако при вложении ХП более 30 % по данным свойствам происходит спад. Можно заключить, что при массовом соотношении ХП : макулатура = 30 : 70 механические свойства бумаги достигают максимальных значений. При снижении количества ХП ниже 30 % структурно-механические факторы преобладают над химическими и наблюдается снижение механических свойств.

Выводы

В результате проведенных исследований экспериментально определена возможность и подтверждена целесообразность получения экологически чистой упаковочной бумаги на основе композиции вторичных волокон – хлопкового пуха и макулатуры. Электроки-

нетические свойства суспензии смеси волокон пуха и макулатуры со степенью измельчения 50–55 °ШР свидетельствуют о ее стабильности. Одинаковая степень измельчения обоих волокон обеспечивает одинаковость поверхностной массы и плотности образцов бумаги независимо от количественного состава смеси. Установлено, что механические свойства образцов, полученных из смеси волокон, содержащей 50±20 % хлопкового пуха, остальное – макулатура, в среднем на 20–40 % выше, чем у образцов, полученных из чистых волокон. Несмотря на общее улучшение механических показателей, достигнутая разрывная длина образцов требует дальнейшего повышения для соответствия стандарту, что будет являться основой для дальнейших исследований по оптимизации состава смеси и введению модифицирующих добавок. Производство упаковочной бумаги из волокон текстильной промышленности и бытовых отходов приводит к улучшению экологического состояния предприятия и окружающей среды, а также повышению экономической эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Ashori, A. and Bahreini, Z. (2009). Evaluation of using wastepaper and cotton stalk in the production of medium density fiberboard (MDF). *Bioresource Technology*, no. 100, pp. 4665–4669.
- Basta, A.H. and El-saied, H. (2006). Novel Beater Additives for Paper. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, vol 2, no. 50, pp. 185–205.
- Bajpai, P. (2015). *Pulp and Paper Industry*. Amsterdam: Elsevier, Netherlands.
- Dulal, H., Shebbir, H., Islam, A., Naji, A. and Najeeb, M. (2022). Utilisation of natural wastes: Water-resistant semi-transparent paper for food packaging. *Journal of Cleaner Production*, no. 364, p. 132665.
- Ervasti, I., Miranda, R. and Kauranen, I. (2016). Paper recycling framework, the "Wheel of Fiber". *Journal of Environmental Management*, no. 174, pp. 35–44.
- Goiricelaya, I. and Igarza, J.J. (1996). An Image Processing Based Money Paper Quality Control System. *IFAC Proceedings Volumes*, vol. 1, no. 29, pp. 6656–6661.
- Hansen, H.A.L., Pettersen, H.P., Carvalho, G., Asimakopoulos, A.G., Knutsen, H., Basta, A.H. and El-saied, H. (2024). Recycling of paper, cardboard and its PFAS in Norway. *Journal of Hazardous Materials Letters*, no. 5, p. 100096.
- Min, D., Mingxing, S., Bin, C., Hongyi, X., Dingfan, Z., Zhixiu, H., Lan, Y. and Wua, Y. (2023). Advancing sustainability in China's pulp and paper industry requires coordinated raw material supply and waste paper management. *Resources, Conservation and Recycling*, no. 198, p. 107162.
- Mohan, D., Argueta, S., Crandon, K., Hidalgo, M.O. and Carrasquillo, H.J. (2023). Waste Paper as a Valuable Resource: An Overview of Recent Trends in the Polymeric Composites Field. *Polymers*, vol. 2, no. 15, p. 426.
- Serrano-Lotina, A., Portela, R., Baeza, P. and Alcolea-Rodriguez, V. (2023). Zeta potential as a tool for functional materials development. *Catalysis Today*, no. 423, p. 113862.

- Slautin, D.V., Teploukhova, M.V. and Andrakovsky, R.E. (2018). Increasing the strength of paper made from recovery pulp. Newsletter of Perm National Research Polytechnic University. *Chemical Technology and Biotechnology*, no. 1, pp. 113–135.
- Stig, S. (2020). Drying of paper: A review 2000–2018. *Drying Technology*, vol. 7, no. 38, pp. 825–845.
- Tutus, A., Comlekcioglu, N. and Karatas, B. (2017). Utilizing cotton linter as a potential raw material for the paper industry. *BioResources*, vol. 1, no. 12, pp. 399–411.
- Yadav, S., Kaur, M. and Kaur, M. (2022). Valorization of cotton waste: A review on the emerging applications in composites, energy and environment. *Journal of Cleaner Production*, no. 370, p. 133516.
- Wagaw, T. and Kumar Babu, M. (2023). Textile Waste Recycling: A Need for a Stringent Paradigm Shift. *AATCC Journal of Research*, vol.6, no.10, pp. 376–385.

Информация об авторах

Information about the authors

Кадилова Наргис Рустам кизи

Доктор химических наук, профессор, доцент кафедры «Точные и естественные науки», Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан.

E-mail: kadirova-nargis@mail.ru

Рафиков Адхам Салимовича

Доктор химических наук, профессор, профессор кафедры «Точные и естественные науки», Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан.

E-mail: asrafikov@mail.ru

Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Экология и химические технологии» Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskayNN@rambler.ru

Туйчиев Давлатхужа Ботирович

Студент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан.

E-mail: toychiyevdavlat@gmail.com

Ленько Ксения Александровна

Преподаватель-стажер кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: kotya240497@mail.ru

Nargis R. Kadirova

Doctor of Science (in Chemical), Professor, Associate Professor of the Department "Natural and Exact Sciences", Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan.

E-mail: kadirova-nargis@mail.ru

Adxam S. Rafikov

Doctor of Science (in Chemical), Professor, Professor of the Department "Natural and Exact Sciences", Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan.

E-mail: asrafikov@mail.ru

Natalia N. Yasinskaya

Doctor of Science (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayNN@rambler.ru

Davlatxuja B. Tuychiev

Student, Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan.

E-mail: toychiyevdavlat@gmail.com

Ksenia A. Lenko

Teaching Assistant of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: kotya240497@mail.ru