

**СОВРЕМЕННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ  
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ**

**MODERN PULP AND PAPER INDUSTRY  
CURRENT CHALLENGES AND PROMISING  
SOLUTIONS**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
IV Международной научно-технической конференции  
молодых ученых и специалистов ЦБП**



Санкт-Петербург  
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна»  
Высшая школа технологии и энергетики**



**PULP-FOR 2022**



**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**IV Международной научно-технической конференции  
молодых ученых и специалистов ЦБП**

**«СОВРЕМЕННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ  
И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ»**

Научное издание  
14–15 ноября 2022 г.



Санкт-Петербург  
2022

УДК 676:(665+378+628)+674.8+502.17

ББК 65.9(2)304.18

С 46

С 46 Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 14–15 ноября 2022 года) / сост. О. В. Фёдорова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. — 44 с.

ISBN 978-5-91646-319-4

В сборнике размещены тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ЦБП, представленные студентами, аспирантами, молодыми учеными и специалистами целлюлозно-бумажной промышленности России и Республики Беларусь, ведущими фундаментальные и прикладные научные исследования. Конференция посвящена проблемам современного состояния целлюлозно-бумажной промышленности.

Представленные доклады освещают следующие темы:

- технологии и оборудование ЦБП;
- охрана окружающей среды и энергосбережение;
- проблемы применения профессиональных стандартов;
- условия внедрения наилучших доступных технологий;
- цифровизация и кибербезопасность.

Сборник предназначен для тех, кто интересуется современными технологиями и методами исследования в различных отраслях науки.

УДК 676:(665+378+628)+674.8+502.17

ББК 65.9(2)304.18

ISBN 978-5-91646-319-4

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Якубова О. С., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Деркачева О. Ю. <b>Влияние состава композиций ПАВ на содержание неомыляемых веществ в черных щелоках сульфат целлюлозного производства.....</b>	<b>6</b>
Селезнёв В. Н., Махотина Л. Г. <b>Исследование влияния синтетического волокна на свойства целлюлозного композиционного материала.....</b>	<b>7</b>
Прохоров Д. А., Дубовый В. К. <b>Исследование влияния температурных режимов сушки на свойства бумаги из сульфатной небеленой хвойной целлюлозы.....</b>	<b>9</b>
Баранова А. Е., Осовская И. И. <b>Растворы агар-агара как основа для создания новых покрытий текстильных материалов.....</b>	<b>11</b>
Мухина П. М., Ерохина О. А., Кузнецов А. Г. <b>Влияние параметров обработки водно-глицериновой смесью на процесс ее взаимодействия с образцами опилок лиственницы.....</b>	<b>12</b>
Левин Б. В., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г. <b>Применение модифицированного наполнителя в высокозольных видах бумаги.....</b>	<b>13</b>
Мидуков Н. П., Куров В. С., Колосова М. В. <b>Сравнительная оценка микроструктуры волокнистого композиционного материала с помощью цифровых технологий.....</b>	<b>14</b>
Рогова Е. А., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Лапин И. Р. <b>Получение бактериальной целлюлозы для применения в ЦБП.....</b>	<b>15</b>
Новикова М. А., Ковалёв Д. А. <b>Описание существующих способов автоматизации процесса сжигания черного щелока в СРК.....</b>	<b>16</b>
Евдокимов Н. В., Мидуков Н. П. <b>Разработка технологии 3D-печати с использованием в качестве сырья древесных отходов.....</b>	<b>18</b>
Рыжиков В. А., Пекарец А. А., Аким Э. Л. <b>Переработка отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры.....</b>	<b>18</b>
Артамонов И. С., Александрова Т. Н. <b>Топливные брикеты из отходов ЦБП: основные свойства и способы получения.....</b>	<b>19</b>

Щекатуров И. А., Строганова М. С. <b>Эффект воздействия от процесса получения нанокompозитных пленок на окружающую среду.....</b>	<b>20</b>
Федюченко Н. Р., Антонов И. В. <b>Оценка качества воды в реке Дон по зообентосным организмам.....</b>	<b>21</b>
Литвинов М. А., Мидуков Н. П. <b>Исследование бумаги и картона с помощью 3D-моделирования волокон.....</b>	<b>22</b>
Калошина Н. С., Бескровная В. А. <b>Цифровая трансформация строительной отрасли.....</b>	<b>23</b>
Иванова И. Ю., Мидуков Н. П. <b>Критический анализ способов 3D-сканирования для обратного инжиниринга деталей оборудования массоподготовительного отдела бумажного производства.....</b>	<b>24</b>
Поротикова И. В., Кириллова М. Б. <b>Оценка точности 3D-сканирования путем сравнения с 3D-моделью детали, полученной в графической программе.....</b>	<b>24</b>
Поротикова И. В., Кириллова М. Б., Сербул Д. В. <b>Повышение точности изделий, изготавливаемых с помощью 3D-принтеров.....</b>	<b>24</b>
Ефремов Т. И., Мидуков Н. П. <b>Моделирование волокон бумаги и картона с применением 3D-технологии.....</b>	<b>25</b>
Сметанин А. В. <b>Повышение эффективности работы котельной на примере ГУП «ТЭК СПб».....</b>	<b>25</b>
Слюта М. О., Бахтин А. В. <b>Совершенствование системы управления качеством технологической воды для бумагоделательного производства.....</b>	<b>26</b>
Слизикова Е. А., Еремеев М. О., Шуркина В. И., Марченко Р. А. <b>Безножевой размол как наиболее эффективный способ для обработки макулатурного сырья.....</b>	<b>27</b>
Диева А. Д., Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А. <b>Анализ состава танинов при их выделении из коры сосны различными растворителями.....</b>	<b>28</b>
Карелина А. А., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Хохлов К. А. <b>Размол массы высокой концентрации из растительного сырья в ЦБП.....</b>	<b>29</b>
Каплёв Е. В., Юртаева Л. В., Васильева Д. Ю., Алашкевич Ю. Д. <b>Способ получения порошковой целлюлозы с использованием размалывающего оборудования.....</b>	<b>31</b>

Кулебакина Ю. Ю., Первицкая В. А., Жужома Ю. Н. <b>Проблема применения профессиональных стандартов в области управления качеством.....</b>	<b>33</b>
Антонова В. С., Осовская И. И., Добош А. Ю. <b>Особенности диспергирования целлюлозы для получения распушенного материала....</b>	<b>35</b>
Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Якубова О. С. <b>Сравнительный анализ отработанных растворов после делигнификации недревесного растительного сырья.....</b>	<b>36</b>
Дягилева А. Б., Смирнова А. И., Мазурик Д. И. <b>Потенциальная возможность применения сточных вод древесно-подготовительного цеха в биологическом цикле рекультивации полигонов ТБО.....</b>	<b>37</b>
Ушаков А. В., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А. <b>Изменение средней длины волокна при размоле массы высокой концентрации с использованием различных конструкций гарнитур.....</b>	<b>38</b>
Петрова А. А., Воронин И. А., Алашкевич Ю. Д., Зырянов Д. Е., Решетова Н. С. <b>Исследование качественных характеристик волокнистого полуфабриката в зависимости от рисунка наборной гарнитуры.....</b>	<b>41</b>
Лысаченкова М. М., Казаков Я. В., Чухчин Д. Г. <b>Влияние композиции белой упаковочной бумаги на параметры структуры, определяемые спектроскопическими методом.....</b>	<b>43</b>
Смирнова Е. Г., Мидукова М. А. <b>Оценка эффективности очистки макулатуры офисных видов бумаг различными способами.....</b>	<b>44</b>

## ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОЗИЦИЙ ПАВ НА СОДЕРЖАНИЕ НЕОМЫЛЯЕМЫХ ВЕЩЕСТВ В ЧЕРНЫХ ЩЕЛОКАХ СУЛЬФАТ ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Якубова О. С.,\* Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Деркачева О. Ю.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург

E-mail: [ilonichka3377@mail.ru](mailto:ilonichka3377@mail.ru)

При делигнификации древесины образуется черный щелок – отработанный раствор многокомпонентного состава, обогащенный ценными экстрактивными веществами, количество которых варьируется в зависимости от вида древесины. Извлечение этих веществ из производственных растворов и их дальнейшая переработка соответствует направлению НДТ целлюлозно-бумажных предприятий.

Введение композиций поверхностно-активных веществ в черные щелока позволит обогатить их ценными веществами. В качестве объектов исследования были выбраны: поверхностно-активные вещества катионного (катамин АБ и синтаמיד-5) и неионогенного (неонол АФ 9-6) типов отечественного производства; черные щелока после периодической сульфатной варки березовой и сосновой древесины; сульфатные мыла, извлеченные из данных черных щелоков в присутствии и отсутствие ПАВ.

В черные щелока после варки березы и сосны плотностью 1,115-1,119 г/см<sup>3</sup> были введены в разной последовательности добавки Синтаמיד-5 : Катамин АБ : неонол АФ 9-6, (1 : 9 : 90) и Катамин АБ : неонол АФ 9-6 (10 : 90) концентрация ПАВ в черном щелоке составила 0,1 %. Для установления равновесия растворы выдерживали в течение 4 часов при температурах 30–40 °С. После извлечения сульфатное мыло было обезвожено до влажности 50 %.

В табл. 1 представлены качественные и количественные характеристики сульфатных мыл при введении данных композиций ПАВ.

Таблица 1 – Основные качественные и количественные характеристики сульфатного мыла в присутствии и отсутствии ПАВ

Сульфатные мыла	Неомыляемые вещества, % от абс. сух. мыла	Смоляные + жирные, % от абс. сух. мыла
Без ПАВ		
Сосны	26	34
Березы	24	35
с ПАВ (синтаמיד-5 : катамин АБ : неонол АФ 9-6)		
Сосны	28	41
Березы	27	42
с ПАВ (катамин АБ : неонол АФ 9-6)		
Сосны	29	40
Березы	27	40

Введение выбранных композиций способствуют повышенному извлечению неомыляемых веществ на 10–12 % и на 17–20 % смоляных и жирных кислот из черных щелоков, что делает данные мыла перспективными для дальнейшей переработки. При этом количество оставшихся веществ понижается.

Как видно из табл. 2, содержания в нем нейтральных веществ уменьшается на 90–92 %, а натриевых солей омыляемых кислот практически на 99 % вследствие перехода данных компонентов в состав сульфатного мыла, что говорит о более полном извлечении сульфатного мыла из отработанных растворов.

Таблица 2 – Физико-химические характеристики сульфатных щелоков при введении композиций ПАВ

Физико-химические характеристики	Березовый			Сосновый		
	без ПАВ	с ПАВ		без ПАВ	с ПАВ	
		синтаמיד-5 : катамин АБ : неонол АФ 9-6	катамин АБ : неонол АФ 9-6		синтаמיד-5 : катамин АБ : неонол АФ 9-6	катамин АБ : неонол АФ 9-6
Относительная вязкость	1,033	1,023	1,025	0,963	0,940	0,941
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,115	1,091	1,095	1,119	1,079	1,085
Депрессия ПН, мН/м	31,0	37,5	37,7	35,0	37	37
Массовая доля лигнина к щелоку, %	6,4	5,6	5,7	6,3	5,6	5,7
Массовая доля нейтральных веществ в щелоке, %	0,190	0,016	0,017	0,200	0,017	0,018
Массовая доля омыляемых кислот, %	0,2600	0,0025	0,0025	0,2500	0,0024	0,0024

Стоит заметить, что влияние тройной и двойной композиций ПАВ на характеристики черного щелока и сульфатного мыла практически одинаково. Однако тройная смесь ПАВ предпочтительнее в применении, вследствие положительного влияния на свойства целлюлозы.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА НА СВОЙСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

*Селезнёв В. Н.,\* Махотина Л. Г.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: b.seleznjov@yandex.ru*

Использование носителей биоматериалов в мировой практике возникло с развитием технологии анализов в различных сферах, особенно в медицине. Целлюлозные носители (фильтровальная бумага) начали применять с 1960 года, когда американский педиатр Роберт Гантри применил фильтровальную бумагу в качестве носителя сбора крови новорожденных для выявления генетических заболеваний, которую в итоге назвали карта Гантри. Впоследствии были разработаны многочисленные варианты таких твердофазных носителей, в частности, носителей на основе целлюлозы, которые стали использоваться для сбора других биологических материалов. Сейчас использование носителей распространено в медицинской, биотехнической и криминалистических областях.

Технология бумажных носителей для сбора, хранения и транспортировки биоматериалов в комнатных условиях была разработана в 90-х гг. XX века компанией

Flinders совместно с фирмой Fitzco (сейчас права на патенты имеет компания Whatman) названная FTA, а носители – картами. Карты представляют собой целлюлозный композиционный материал (ЦКМ) с напечатанной на нем информацией, из 100 % чистого хлопкового линта, обработанный химическими веществами, способствующими лизированию (растворению) клеток, денатурации белков и защите ДНК и РНК от повреждения и разрушения в процессе сбора, хранения и транспортировки биологического материала (мочи, слюны, крови и др.). После сбора биоматериала нуклеиновые кислоты остаются в волокнах целлюлозной матрицы.

Однако хлопковый линт является дорогостоящим материалом и для придания ему бумагообразующих свойств требуется проведение специальной обработки, что делает невозможным производство такого материала на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности без существенных капитальных затрат.

В связи с этим на кафедре ТЦКМ проводятся работы по исследованию возможности использования целлюлозы из древесины для производства целлюлозных композиционных материалов (ЦКМ) для сбора, хранения и транспортировки биоматериалов. В работах показана возможность использования лиственной сульфатной целлюлозы.

К ЦКМ для сбора и хранения биологических образцов предъявляются высокие требования. С одной стороны, он должен обладать высокой впитывающей способностью, которая обеспечит сбор биологических образцов; достаточной прочностью, которая важна при транспортировке и хранении; хорошими печатными свойствами, позволяющими наносить на поверхность карты информацию о биообразце. Эти свойства обеспечиваются за счет использования целлюлозного волокна.

С другой стороны, должен обладать эластичностью; низкой гигроскопичностью, которая обеспечит стабильность геометрических размеров в процессе эксплуатации при изменении влажности среды; стойкостью к химическим реагентам, кислотам; свето- и атмосферостойким; химической чистотой материала, позволяющая исключить загрязнения биоматериала; устойчивым к действию бактерий и микроорганизмов. Этими свойствами обладают синтетические волокна.

Цель данной работы исследование влияния синтетического волокна на свойства целлюлозного композиционного материала.

Объекты исследования:

- архангельская лиственная целлюлоза марки ЛС-0, высший сорт;
- полиэфирное синтетическое волокно (лавсан, с длиной волокна – 3 мм).

Исследование проводили на лабораторных отливках, массой  $245 \pm 5$  г/м<sup>2</sup>, полученных на листоотливном аппарате RAPID-KETEN при соотношении (%): лиственная целлюлоза/полиэфирное синтетическое волокно = 100 : 0; 99 : 1; 95 : 5; 90 : 10

Определение физико-механических свойств отливок показало, что при добавлении к лиственной целлюлозе 5–10 % полиэфирного синтетического волокна наблюдается повышение предела прочности при растяжении, сопротивление разрыву, разрывная длина и сопротивление продавливанию. Энергия, затраченная при растяжении (ТЕА), снижается при добавлении более 5% синтетического волокна. Полученные результаты объясняются тем, что при содержании 5–10 % полиэфирные длинные, эластичные и прочные волокна равномерно распределяются в матрице из целлюлозного волокна. Дальнейшее увеличение количества инертных полиэфирных волокон приводит к снижению взаимодействия между волокнами целлюлозы и потере физико-механических и прочностных свойств, что подтверждается снижением энергии, затраченной на растяжение.

Воздухопроницаемость и капиллярная впитываемость отливок при увеличении синтетического волокна в композиции имели тенденцию к увеличению. Такие результаты можно объяснить разрыхлением структуры отливки и увеличением пористости за счет синтетических волокон, а также снижением взаимодействия между целлюлозными волокнами.

По итогам работы были сделаны следующие выводы:

– показана возможность частичной замены целлюлозного волокна синтетическим, обеспечивающая повышение физико-механических и впитывающих свойства композиционного материала.

– Выявлено, что введение 5–10 % полиэфирного волокна к сульфатной лиственной беленой целлюлозе обеспечивает повышение физико-механических и прочностных свойств ЦКМ.

– Показано, что введение полиэфирного волокна к сульфатной лиственной беленой целлюлозе приводит к повышению воздухопроницаемости и капиллярной впитываемости.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ СУШКИ НА СВОЙСТВА БУМАГИ ИЗ СУЛЬФАТНОЙ НЕБЕЛЕННОЙ ХВОЙНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

*Прохоров Д. А.,\* Дубовый В. К.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: Daniel.prokhorov@gmail.com*

Целью работы является исследование влияния температурных режимов сушки на деформационно-прочностные и структурно-размерные свойства бумаги, что позволит применить полученные закономерности для дальнейших исследований, а также непосредственно внедрить в производство для снижения расхода энергии при сохранении ключевых технологических свойств готовой продукции.

Достижение поставленной цели обеспечивалось решением следующих задач:

1. Получение образцов бумаги разной массы метра квадратного из целлюлозы разной степени помола, с последующей сушкой при разных температурных режимах.

2. Измерение деформационно-прочностных и структурно-размерных свойств бумаги в лабораторных условиях методами разрушающего и неразрушающего контроля.

3. Анализ полученных результатов и установление закономерностей.

Обеспечение устойчивого развития целлюлозно-бумажного производства путем сокращения энергозатрат, потребления воды и волокна, а также повышение производственной эффективности является ключевой задачей, стоящей перед предприятиями отрасли.

Реконструкции, направленные на снижение потребления энергии, а также оптимизация и тонкая настройка технологических режимов процессов сушки бумажного полотна представляют собой одно из перспективных направлений модернизации технологических потоков и повышения конкурентоспособности отечественных и зарубежных предприятий.

Эксперименты, описанные в настоящей статье, выполнялись в лабораторных условиях в рамках написания диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В качестве сырья использовалась производственная сульфатная небеленая хвойная целлюлоза, подготовленная по ГОСТ 14363.4-89 и размолотая до степеней помола 20, 30, 40, 50 °ШР с дальнейшим получением лабораторных образцов бумаги массой 1 м<sup>2</sup> 60, 80, 100, 120 г, и последующей сушкой при температурных режимах 80, 100, 120, 140 °С.

Выбранные значения массы 1 м<sup>2</sup>, степени помола, а также температурных режимов сушки соответствуют наиболее распространенным при производстве различных видов бумаг и картона в реальных условиях на предприятиях бумажной промышленности.

Для определения деформационно-прочностных и структурно-размерных свойств лабораторных образцов использовали толщиномер, прибор Бендтсена (для определения воздухопроницаемости), разрывную горизонтальную машину (по ISO 1924-2), прибор для

определения сопротивления продавливанию (ISO 2758), а также прибор для определения сопротивления раздиранию бумаги (метод Эльмендорфа по ГОСТ 13525.3-97).

Общие результаты по изменению структурно-размерных свойств образцов бумаги 60–120 г/м<sup>2</sup>, изготовленных из хвойной небеленой целлюлозы 20-50 °ШР, высушенных при различных температурных режимах 80–140 °С.

1. Увеличение степени помола сопровождается снижением воздухопроницаемости и толщины вне зависимости от заданных температур сушки и массы 1 м<sup>2</sup>. При повышении степени помола с 20 до 50 °ШР наблюдается снижение воздухопроницаемости в 10 раз и снижение толщины в 0,2 раза (среднее по всем значениям массы м<sup>2</sup> и температур сушки).

2. Увеличение температуры сушки сопровождается ростом толщины и воздухопроницаемости вне зависимости от заданных степени помола и массы 1 м<sup>2</sup>. При повышении температуры сушки с 80 до 140 °С наблюдается рост воздухопроницаемости на 28 % и толщины на 8 % (среднее по всем значениям степени помола и массы м<sup>2</sup>).

Общие результаты по изменению деформационно-прочностных свойств образцов бумаги 60–120 г/м<sup>2</sup>, изготовленных из хвойной небеленой целлюлозы 20–50 °ШР, высушенных при различных температурных режимах 80–140 °С.

1. Увеличение степени помола сопровождается ростом разрушающего усилия, сопротивления продавливанию, а также снижением сопротивления раздиранию вне зависимости от заданных температур сушки и массы 1 м<sup>2</sup>.

При повышении степени помола с 20 до 50 °ШР, наблюдается рост разрушающего усилия на 60 %, сопротивления продавливанию на 50 % и снижение сопротивления раздиранию на 20 % (среднее по всем значениям массы м<sup>2</sup> и температур сушки).

Наибольший рост разрушающего усилия (36 %) и сопротивления продавливанию (33 %), а также наибольшее снижение сопротивления раздиранию (15 %) наблюдается при увеличении степени помола с 20 до 30 °ШР (среднее значение роста, по всем значениям массы метра квадратного и температур сушки).

2. Увеличение температуры сушки сопровождается снижением разрушающего усилия, сопротивления продавливанию, сопротивления раздиранию, последнее при этом зависит от массы м<sup>2</sup> образцов и степени помола.

При повышении температуры сушки с 80 до 140 °С, наблюдается снижение разрушающего усилия и сопротивления продавливанию на 9 % (среднее по всем значениям степени помола и массы м<sup>2</sup>). Наибольшее снижение разрушающего усилия (5 %) наблюдается при увеличении температуры сушки с 80 до 100 °С (среднее значение роста, по всем значениям массы м<sup>2</sup> и температур сушки).

Стоит отметить, что для меньшей массы м<sup>2</sup> (60–80 г/ м<sup>2</sup>) повышение температуры от 80 до 100 °С характеризуется большим снижением разрушающего усилия (9 %) по сравнению с образцами 100–120 г/м<sup>2</sup> (1 %).

Полученные результаты позволяют сделать в том числе следующие выводы:

1. При производстве бумаги более высоких значений массы метра квадратного (100–120 г/м<sup>2</sup>), повышение температуры сушки с 80 до 100 °С сопровождается минимальным снижением разрушающего усилия (до 1 %), в связи с этим может быть рекомендовано в целях сокращения расхода пара и повышения производительности.

2. При этом повышение температуры сушки с 80 до 100 °С при производстве бумаги более высоких значений массы метра квадратного (100–120 г/м<sup>2</sup>) характеризуется ростом воздухопроницаемости 17 %, а для меньшей массы м<sup>2</sup> (60–80 г/м<sup>2</sup>) – более высоким ростом воздухопроницаемости (28 %).

## РАСТВОРЫ АГАР-АГАРА КАК ОСНОВА ДЛЯ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Баранова А. Е.,\* Осовская И. И.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: barya9309@mail.ru

Изучение морских водорослей является столь изученным, сколь и изучаемым объектом исследования многих ученых как в России, так и за рубежом. Можно отметить множество работ по совершенствованию и удешевлению способов выделения ценных продуктов из бурых, красных, зеленых водорослей. Морские водоросли являются сырьем для получения одного из ценных веществ – агар-агара. Агар – это высушенный, аморфный, желатиноподобный, неазотистый экстракт из красных морских водорослей, представляющий собой линейный сульфат полисахарида галактана. Основная повторяющаяся единица агара состоит из чередующихся 1,3-связанных -D-галактопиранозы и 1,4-связанных 3,6-ангидро- -L-галактопиранозы. Сегодня основными поставщиками агара из красных морских водорослей являются Китай и Индия. Активно ведутся поиски способов извлечения агара из красных водорослей *Ahnfeltia plicata*, произрастающих в Белом море, и *Ahnfeltia tobuchiensis* в дальневосточных морях России. В 2021 году в России после 12-летнего перерыва в Сахалинской области возобновил деятельность завод, выпускающий агар. Освоение морских пространств России для извлечения агара и создания новых объектов марикультур из красных водорослей считаем основной проблемой получения отечественного агара.

Широкое применение агара обусловлено особыми гелеобразующими свойствами, которые отсутствуют в других фитоколлоидах, таких как камеди или желатине. Эти свойства позволяют успешно использовать агар в тканевой инженерии и микробиологической промышленности. В ранее опубликованных работах изучены основные физико-химические свойства агара (набухание и вязкость в воде в широком диапазоне рН и температур). Целью данной работы является исследование влияния раствора агар-агара из красных морских водорослей для разработки нового способа модификации поверхности покрытий для улучшения качества изделий из волокнистых материалов и свойств бумаги. В качестве образцов использовали искусственную кожу различного состава из полиэфирных волокон, полиуретана и хлопка; сукно ткани из шерсти и полиэстера. Материалы покрывали свежеприготовленным водным раствором 1 %-го агара. Покрытые раствором образцы сушились на воздухе в течение 24 часов при комнатной температуре. Для изучения влияния растворов агара на качество покрытий материалов измеряли блеск ткани и жиростойкость бумаги. Блеск является визуальным восприятием поверхности покрытия. Принцип определения блеска основан на измерении направленно отраженного пучка света. Блеск покрытий определяется по ГОСТ 896-69 с помощью фотоблескомера ВУК-60. Результаты измерений показали повышение блеска покрытий с 53 % для необработанного материала до 77 % для материала с покрытием 1 %-ным раствором агара. Влияние раствора агара, нанесенного на поверхность бумаги для улучшения жиростойкости, проводили по ГОСТ 16532-2. Установлено улучшение свойств исследуемых образцов: снижение сминаемости и улучшение блеска ткани. В работе показано отсутствие изменения свойств покрытия при замачивании ткани в воде. Изучение пленкообразующих свойств агара позволяет дать научное обоснование полученным результатам. При обработке кожи происходит увеличение яркости, блеска поверхности. Полученные результаты подтверждены оптическими методами исследования. Влияние покрытия 1 %-ным раствором агара улучшают клеящие свойства бумаги, выдерживают испытания на расслаивание клеевых соединений по ГОСТ 309972. В работе показано улучшение жиростойкости бумаги с 3 баллов для необработанной до 9 баллов для бумаги, обработанной 1 %-ным раствором агара. Показана возможность выделения целлюлозы из морских водорослей.

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБРАБОТКИ ВОДНО-ГЛИЦЕРИНОВОЙ СМЕСЬЮ НА ПРОЦЕСС ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОБРАЗЦАМИ ОПИЛОК ЛИСТВЕННОЙ**

*Мухина П. М.,\* Ерохина О. А., Кузнецов А. Г.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: polinocka.mukhina@mail.ru*

На сегодняшний день древесные опилки используются в качестве наполнителей для разработки различных композиций. В предыдущем докладе были представлены различия в обработке водно-глицериновой смесью образцов опилок лиственницы с арабиногалактаном и без арабиногалактана, исследовали вязкости отработанных растворов, провели оценку взаимодействия образцов опилок лиственницы с водно-глицериновой смесью методом микроскопии.

Целью данной работы является определение оптимальных параметров обработки опилок лиственницы водно-глицериновой смесью для возможного использования в аддитивных технологиях.

В данной работе исследование обработки образцов опилок лиственницы проводилось на образцах двух фракционных составов: 1–3 мм и менее 1 мм.

Обработку образцов опилок проводили ВГС с разными концентрациями. Обработку образцов проводили в течении двух часов при температуре 20 °С и на водяной бане комбинированной лабораторной учебной (БКЛ – М) при T = 83 °С.

В процессе проведения экспериментов анализировали:

- разницу динамической вязкости отработанных растворов после обработки двух фракционных составов водно-глицериновой смесью;
- насыпную плотность образцов опилок лиственницы;
- отличия во взаимодействии образцов опилок лиственницы разных фракционных составов с водно-глицериновой смесью.

В процессе проведения экспериментов было определено:

- на обработку образцов опилок лиственницы существенным образом влияет изменение концентрации водно-глицериновой смеси;
- в зависимости от размера фракции образцов опилок количество присоединенного глицерина изменяется;
- после обработки образцов опилок лиственницы изменяется значение насыпной плотности;
- при изменении температуры обработки образцов опилок лиственницы, присоединение водно-глицериновой смеси происходит по-разному.

Результаты исследований показывают, что:

- в зависимости от параметров обработки образцов опилок лиственницы водно-глицериновой смесью изменяются их свойства: масса и насыпная плотность, а также изменяется вязкость отработанных водно-глицериновых растворов;
- при правильной подготовке древесные опилки лиственницы могут быть использованы для разработки новых видов древесных порошковых материалов, в качестве наполнителей для 3D-печати;
- результаты экспериментов представляют научный интерес и являются предметом дальнейших исследований структуры композита из опилок лиственницы и водно-глицериновой смеси как одним из путей для создания биоразлагаемых порошкообразных систем.

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ ВИДАХ БУМАГИ

Левин Б. В., \* Малютина Д. И., Смирнова Е. Г.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург

E-mail: bogiwara@yandex.ru

Сульфатную листовенную целлюлозу марки ЛС-1 распускали в гидроразбивателе и размалывали на дисковой мельнице до степени помола 30 °ШР, затем изготовили лабораторные образцы с добавлением БЦ (в данной работе использовалась БЦ синтезированная отечественным штаммом *Komagataeibacter xylinus* (ранее *Glucanacetobacter xylinus*, ранее *Acetobacter xylinum*) в Институте высокомолекулярных соединений РАН. *Komagataeibacter xylinus* относится к группе аэробных, грамотрицательных бактерий и является наиболее изученным с точки зрения биотехнологии.) и наполнителей, таких как диоксид титана ( $TiO_2$ ) и карбонат кальция ( $CaCO_3$ ). Далее были проведены исследования на физико-механические показатели (рис. 1, рис. 2).

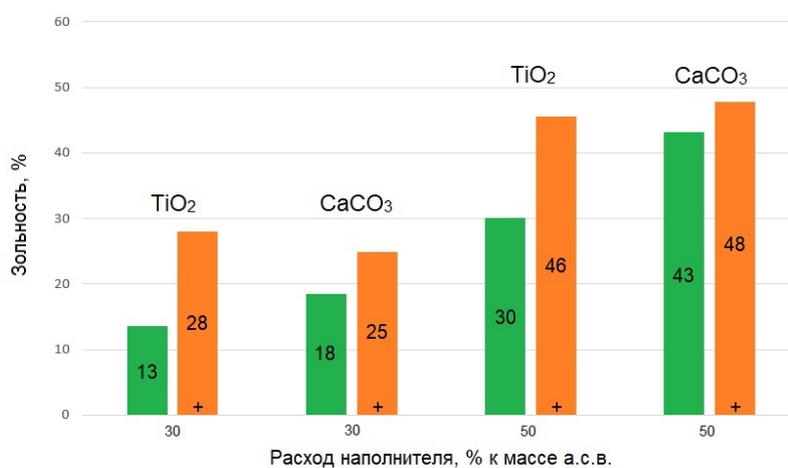


Рис. 1. Влияние расхода наполнителя на зольность бумаги

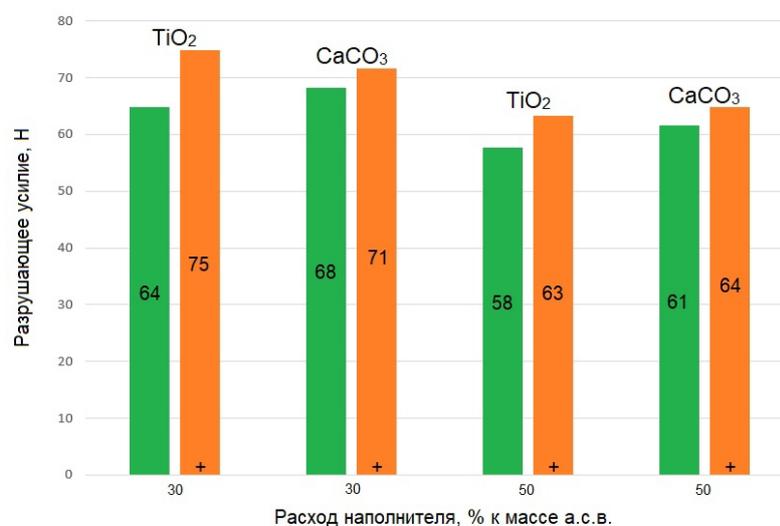


Рис. 2. Влияние зольности бумаги на разрушающее усилие

Заключение: применение бактериальной целлюлозы в композиции для писчебечатных видов бумаги дает возможность добавлять в массу большие дозировки наполнителя без очевидного ухудшения механической прочности. Помимо этого, степень удержания наполнителя в массе увеличивается при введении БЦ. Также выявлен способ добавления БЦ в суспензию мела для лучших показателей содержания наполнителя в бумаге и ее механической прочности.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МИКРОСТРУКТУРЫ ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Мидуков Н. П., Куров В. С., Колосова М. В.\**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: mnp83@mail.ru*

Разработка альтернативных методов, позволяющих оценивать качество волокнистого композиционного материала, в частности бумаги и картона, в современных условиях является актуальной задачей, которая решает проблему ограниченного доступа к научным лабораториям. Заменить частично сложное дорогостоящее оборудование можно путем применения новых цифровых технологий. Ключом к цифровизации исследований свойств бумаги и картона является изучение ее микроструктуры с помощью современных технологий. Специфика микроструктуры позволяет оценить ряд показателей. С помощью цифровой обработки изображений микроструктуры, полученных электронным микроскопом, можно оценить некоторые физико-механические свойства бумаги и картона, равномерность формования, равномерность распределения крахмала, пористость.

Образцы для исследования были получены в соответствии с международным стандартом с помощью приборов, находящихся в центре коллективного пользования «Биорефайнинг древесины и нанотехнологии» на базе Высшей школы технологии и энергетики при Санкт-Петербургском государственном технологическом университете промышленных технологий и дизайна. Исследования микроструктуры образцов волокнистого материала, отобранного после различных стадий подготовки бумажной массы, осуществлялось с помощью сканирующей электронной микроскопии в центре коллективного пользования при НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей». Затем изображение поперечного среза волокнистого композиционного материала обрабатывалось с помощью программ, работающих в векторном и растровом форматах работы с файлами. Площади среза волокнистого материала, полученные в графической программе векторной работы с файлами, сравнивались с данными расчета площади на различных этапах подготовки изображения для оценки площади среза волокон в растровом формате. В результате были подобраны режимы настройки оттенков черно-белого цвета, которые позволяют быстро и с высокой точностью осуществить графическую обработку микроструктуры волокнистого материала. Погрешность в расчете площади среза волокон не превышала 1 %, при этом время обработки сокращается на десятки часов в зависимости от количества объектов измерений.

Оценка микроструктуры производилась с использованием графических редакторов, работающих в векторном формате: SolidWorks, Inventor, AutoCAD. Например, SolidWorks позволил получить 3D-модель волокна за счет формирования трехмерного тела по плоскостям, на которых были нанесены эскизы сечений волокна.

## ПОЛУЧЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЦБП

*Рогова Е. А.,\* Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Лапин И. Р.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск  
E-mail: kat-rogo@yandex.ru*

Для производства бумаги и картона используются в основном волокнистые полуфабрикаты из древесины различных пород и недревесного растительного сырья. Волокнистые полуфабрикаты одни из основных компонентов, используемых в производстве бумаги, так как они самые доступные, сравнительно недорогие, получаемые из возобновляемого сырья.

Бумага – листовый материал, состоящий в основном из растительных волокон, соответствующим образом обработанных и соединенных в тонкий лист, в котором волокна связаны между собой. Помимо растительных волокон в последнее время при получении специальных видов бумаги все чаще применяют синтетические волокна органического происхождения, минеральные (асбестовые, стеклянные), шерсть и наиболее перспективные волокна бактериального происхождения, так называемая бактериальная целлюлоза БЦ.

Бактериальная целлюлоза представляет собой полисахарид, синтезируемый и экстрадируемый вне клетки некоторыми микроорганизмами, особенно из родов *Comagataeibacter*. Биополимер состоит из звеньев глюкозы, линейно связанных  $\beta(1\rightarrow4)$ -гликозидными связями. Хотя по молекулярной формуле он идентичен целлюлозе растительного происхождения, БЦ обладает уникальными свойствами, которые делают его превосходным для многих применений. В отличие от растительной целлюлозы, которая всегда связана с гемицеллюлозой и лигнином, требующими последующей очистки, БЦ синтезируется химически чистой. БЦ обладает высокой степенью полимеризации и кристалличности, большой механической прочностью и высокой водоудерживающей способностью.

В настоящее время существует множество патентов по получению оптимальных условий культивирования БЦ. Культивирование БЦ происходит на среде Хестрина и Шрамма (ХШ), но есть множество модификаций этой среды.

Основным оборудованием при культивировании БЦ являются лабораторные биореакторы, которые представляют собой стеклянные ванны различной формы и размеров. Такое оборудование применяется для культивирования и получения БЦ в виде пленок. Для ускорения процесса культивирования и получения большего выхода БЦ многие исследователи разрабатывают усовершенствованные конструкции биореакторов (см. рисунок).

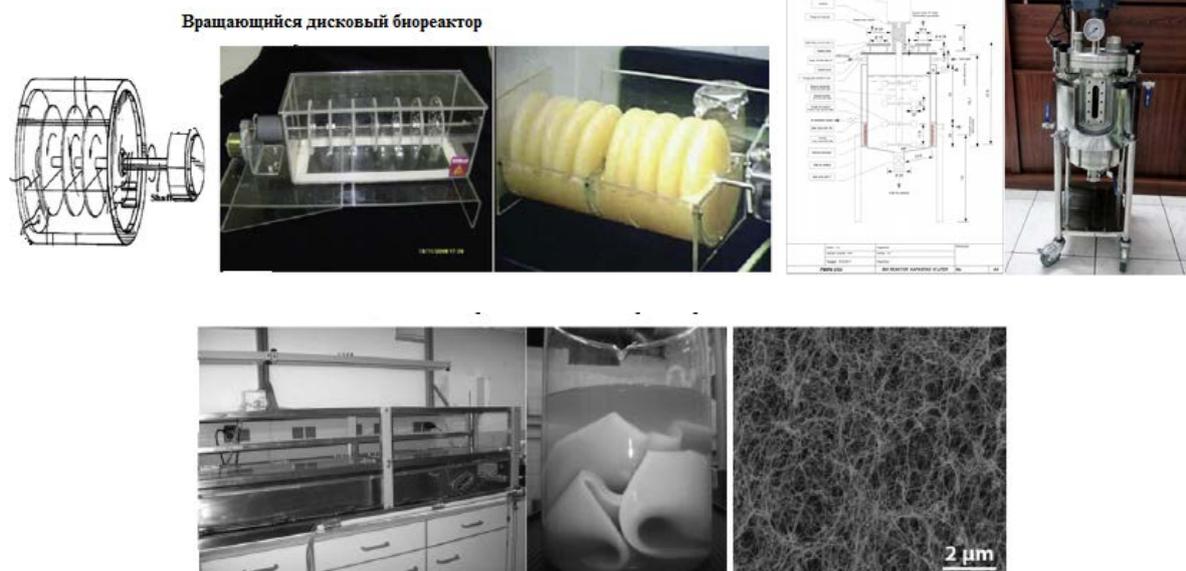


Рис. Биореакторы для получения БЦ различного типа

Основной причиной усовершенствования конструкции биореактора является получение максимального выхода БЦ из одного литра питательной среды, поэтому нами разработан горизонтальный биореактор барабанного типа. БЦ, полученная с помощью данного оборудования, применяется для составления композиции с волокнами растительной целлюлозы и получением готовой продукции для ЦБП.

## ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ЧЕРНОГО ЩЕЛОКА В СРК

*Новикова М. А.,\* Ковалёв Д. А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: [marya.voropanova@yandex.ru](mailto:marya.voropanova@yandex.ru)*

Содорегенерационный котлоагрегат (СРК) является важным элементом цикла регенерации химикатов сульфат-целлюлозного производства и предназначен для регенерации, т. е. восстановления свойств черного щелока, отработанного в процессе варки. Процесс регенерации черного щелока производится за счет его сжигания в топке СРК.

СРК является сложным энерготехнологическим объектом, поскольку в нем объединяется химический реактор и паровой энергетический котлоагрегат. Кроме того, СРК обладает повышенной взрывоопасностью. В связи с этим особую роль играет автоматизация процессов, протекающих в данной энерготехнологической установке.

Как любой современный автоматизированный объект СРК оснащается различными средствами управления. Это, например, клапаны с исполнительными механизмами на трубопроводах для регулирования питания котла водой, подачи смеси сульфата с черным щелоком в топку и т. д.; дисковые или шнековые питатели для регулирования количества сульфата, поступающего в смеситель; направляющие аппараты с пускателями и приводами,

устанавливаемые на дутьевых вентиляторах; и т. д. Кроме того, СРК оснащается множеством датчиков и сигнализаторов, необходимых для контроля технологического процесса.

Все множество этих устройств подает и получает сигналы с управляющего ими программируемого логического контроллера или группы контроллеров, объединенных в общую сеть. В свою очередь данный контроллер (группа контроллеров) должен быть интегрирован со SCADA-системой, установленной на автоматизированное(ые) рабочее(ие) место(а) оператора(ов). Это позволяет операторам в дистанционном режиме следить и управлять протекающим технологическим процессом. Кроме того, благодаря SCADA-системе производится архивирование значений всех значимых параметров во времени. Это дает возможность выявить причины возникновения нештатных ситуаций. В дальнейшем эти данные можно использовать для составления диагностических и прогностических моделей.

Управление процессом сжигания черного щелока считается основной задачей в системе СРК. На стадии сжигания черного щелока используются все те же описанные технические средства и системы.

Сжигание черного щелока реализуют следующими системами регулирования:

- расходом общего воздуха в топку котла;
- температурой общего воздуха;
- распределением расхода общего воздуха по уровням дутья с управлением расходами первичного, вторичного и третичного воздуха;
- разрежением в топке котла.

Для управления расходом общего воздуха в топку СРК регулятору рассчитывается задание с учетом состава и расхода. В качестве обратной связи в данной системе регулирования используется измерение кислорода и/или иные параметры дымовых газов.

Наиболее простым способом управления распределением расхода общего воздуха по уровням дутья в топку котла является его доленое распределение в зависимости от уровня нагрузки СРК по черному щелоку. Но также возможно применение и других методов.

Управление расходом первичного воздуха зависит от отношения расхода первичного воздуха к расходу общего воздуха в топку котла. Регулятору могут вводиться дополнительные коррекции.

Управление расходом вторичного так же, как и третичного воздуха основывается на зависимости отношения расходов между тремя уровнями дутья и общего воздуха, нагрузки СРК по черному щелоку, требуемого воздуха для сжигания дополнительного топлива и заданного уровня управления избытком кислорода.

Регулирование расходом первичного, вторичного и третичного воздуха осуществляется при помощи изменения производительности вентилятора, установленного на соответствующем потоке.

Управление разрежением в топке СРК основывается на стремлении его стабилизации на заданном уровне за счет изменения производительности дымососов. Также с целью повышения качества регулирования разрежением в топке применяется усреднение сигналов с двух датчиков разрежения, устанавливаемых с противоположных сторон топки котла.

Описанные выше средства и способы автоматизации процесса сжигания черного щелока в топке применяются для большинства современных СРК.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ**

*Евдокимов Н. В., \* Мидуков Н. П.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: mnp83@mail.ru*

Согласно стратегии развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, принятой в 2018 году Правительством России, отходы древесины (опилки) отнесли в категорию: «Отходы сельского и лесного хозяйства, животноводства, растениеводства, пищевые отходы», обязуя предприятия деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности утилизировать их или перерабатывать. В целлюлозно-бумажной промышленности опилки образуются в больших количествах на стадиях сортировки щепы – их рациональное использование является важной задачей для страны. Одним из способов эффективного применения древесных отходов являются аддитивные технологии, которые нашли различные сферы применения. 3D-принтеры быстро и эффективно решают сложные, высокотехнологичные, наукоемкие задачи. Стремительный рост объемов продаж 3D-принтеров создает большую потребность в материалах, из которых изготавливаются изделия. Древесные отходы при правильной подготовке могли бы служить материалом для различных технологий 3D-печати. Для этого необходим анализ существующих технологий с позиции использования опилок древесины.

Одним из наиболее оптимальных вариантов из аддитивных технологий, в которых может быть использовано древесное сырье, является технология «Binder Jetting», похожая по своему принципу на струйную печать обычного принтера. Вместо чернил и краски в технологии «Binder Jetting» используется связующее (клеящий агент), а материалом для 3D-печати может быть порошок (полимерный, металлический, гипс и др.). Свойства полученного по этой технологии материала будут определяться качеством подготовки порошка, его фракционным составом. Необходимо будет четко контролировать размеры частиц, их однородность распределения по размерам. Для этого проводятся исследования, в которых оценивается микроструктура изготовленного образца (с помощью сканирующей электронной микроскопии), оцениваются частицы на равномерность по размерам (с помощью анализатора частиц), по отклонениям от шарообразности формы.

## **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ КАРТОННО-БУМАЖНОЙ МАКУЛАТУРЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ЦЕЛЛЮЛОЗУ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ**

*Рыжиков В. А., \* Пекарец А. А., Аким Э. Л.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: ryzhikov\_vladimir@bk.ru*

В связи с проблемой перехода к низкоуглеродной циркулярной био-экономике на сегодняшний день актуальна задача переработки отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры. К сожалению, например, при производстве макулатурного картона не всегда есть возможность утилизировать эти отходы (побочные продукты переработки), и их чаще всего захоранивают на полигонах, что не только увеличивает площади свалок (полигонов), но и приводит к дополнительным выбросам диоксида углерода без получения полезной энергии. Таким образом, эти, достаточно крупнотоннажные отходы целлюлозно-бумажной промышленности, пока что не

нашли своего места в процессе переработки с целью получения полезной энергии или топлива.

Нами разрабатывается технология утилизации смешанных отходов, содержащих целлюлозу и синтетические полимеры в качестве компонентов топливных брикетов сверхвысокой плотности 1300-1320 кг/м<sup>3</sup>, получаемых по инновационной технологии, с их последующим сжиганием. Предлагается использовать топливный брикет, состоящий из твердых древесных отходов и отходов сортировки картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры, размолотый в пыль с помощью системы пылеприготовления, в комбинации с угольной пылью, с последующим сжиганием в низкотемпературной вихревой топке (НТВ-топке).

В основу технологии заложен принцип организации низкотемпературного сжигания твердого топлива в условиях многократной циркуляции частиц в камерной топке. В НТВ-топке организованы две зоны горения, которые разнесены по ее высоте: вихревая и прямоточная. Вихревая зона занимает объем нижней части топки от устья топочной воронки до горелок. Прямоточная зона горения располагается над вихревой зоной в верхней части топки.

Аэродинамика вихревой зоны создается за счет взаимодействия двух организованных потоков: первый поток сформирован из топливно-воздушной смеси, поступающей в топку через горелки; второй поток состоит из горячего воздуха, подаваемого в топку через систему нижнего дутья. Потоки направлены навстречу друг другу и образуют пару сил, создающую вихревое движение в нижней части топки.

В отличие от традиционной технологии пылеугольного сжигания, где основная часть топлива (до 92...96 %) сгорает в так называемой «зоне активного горения», расположенной в районе горелок, и занимающей относительно небольшой объем камерной топки, в вихревой топке с НТВ технологией сжигания в «зону активного горения» вовлечен значительно больший объем топочного пространства. Это дает возможность снизить максимальную температуру в вихревой топке (примерно на 100–300 °С) и за счет активной аэродинамики выровнять уровень температуры в объеме вихревой зоны.

В совокупности пониженный уровень температуры, ступенчатый ввод окислителя, многократная циркуляция горящих топливных частиц и угрубление гранулометрического состава золы, обеспечивают улучшенные показатели вихревых топок по вредным выбросам: оксидам азота и серы, а также повышают эффективность работы золоулавливающего оборудования котельной установки.

## **ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ ИЗ ОТХОДОВ ЦБП: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ**

*Артамонов И. С., \* Александра Т. Н.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,*

*Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: peet.777@mail.ru*

Сегодня в условиях современного мира одной из ключевых задач рационального природопользования является необходимость экологичной утилизации крупнотоннажных промышленных отходов. К ним относятся кора, технический гидролизный лигнин, а также отходы лесозаготовок и деревообработки.

Именно поэтому главной целью работы стало исследование и выявление рабочих способов для получения более энергоэффективного двухкомпонентного брикета, одним из связующих которого является механоактивированный ТГЛ.

Объектами исследования послужили отходы лесоперерабатывающих производств (опилки сосны и березы), технический гидролизный лигнин (ТГЛ) – отход гидролизного производства.

В процессе работы для каждого компонента брикета был определен элементный состав. После первичного просушивания установлено, что отсеивания фракции – 2 мм, необходимо около 60 % ТГЛ направлять на механоактивацию. Для механоактивации ТГЛ применяли высокоскоростную планетарную мельницу Emax.

Для этого в работе использовалась «программа для расчета энергии механоактивации сырья интерпретацией термограмм», разработанная Т. Н. Александровой и др., которая облегчила обработку экспериментальных данных.

Результаты исследования показали зависимости энергии активации от композиционного (композиция ТГЛ-береза) и фракционного составов (размер 1–10 мм) каждого компонента. Это можно объяснить положительным влиянием добавки ТГЛ, которая способствует улучшению равномерности структуры брикета и его пористости при термопластификации лигнина. Энергия активации составила от 141,2 кДж/моль до 295 кДж/моль для двухкомпонентного брикета (береза-ТГЛ), что говорит о неаддитивном вкладе компонентов.

Это значит, что, варьируя композиционным составом и технологическими параметрами брикетирования, можно прогнозировать получение из лесосырьевых отходов топливных брикетов требуемого качества.

## **ЭФФЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

*Щекатуров И. А.,\* Строганова М. С.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: crazytitan2000@mail.ru*

Нанокompозитные пленки нашли широкое применение во множестве сфер. Например, нанокompозитные покрытия на основе графена можно использовать в авиастроительстве. Из композитов на основе нанотрубок производят микроскопические сенсоры, которые определяют интенсивность механического воздействия за сверхкороткие промежутки времени, а также могут использоваться в медицине для восстановления структуры поврежденных костей. В машиностроении из нанокompозитных материалов можно изготавливать различные элементы интерьера, электронного оборудования, систем безопасности, шин, модулей двигателей автомобилей. Это позволит снизить общий вес конструкции, сократить выбросы углекислого газа, увеличив помимо этого и эффективность самого двигателя, снизить износ деталей и частей корпуса, повысить прочность автомобильного кузова и надежность бортовой электроники. Также множество нанокompозитов используется в производстве пленочных и упаковочных материалов.

В настоящее время проблема утилизации полимерных отходов становится острее с каждым годом. Ежегодно объемы получаемых синтетических полимеров увеличиваются. При этом большая часть полученных материалов хранятся на свалках, т. к. только 20 % могут быть подвержены повторной переработке.

Сегодня активно разрабатываются два главных метода утилизации: захоронение и утилизация. Метод «захоронения» – это небезопасный способ, ведь ежегодно за счет свалок твердых бытовых отходов отчуждается до 10 тыс. га земель. Утилизация – более приемлемый метод, т. к. за счет нее снижается количество отходов. Утилизацию можно разделить на несколько основных направлений: мусоросжигание, пиролиз и переработка.

Однако, мусоросжигание и пиролиз отходов тары и упаковки и согласно немалому счету пластмасс полностью никак не улучшают экологическую обстановку. Более того, мусоросжигание – это дорогостоящая процедура, вдобавок еще и приводящая к формированию высокотоксичных, а также супертоксичных соединений.

Повторная переработка пластмасс в определенной степени решает эту проблему, однако требует значительных трудовых и энергетических затрат, так как для этого необходимы следующие действия: отбор из бытового мусора пластической тары и упаковки, распределение собранных отходов согласно типу пластиков, мойка, сушка, измельчение и только лишь после этого переработка в новое полимерное изделие.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что в настоящее время отходы от производства полимерных материалов представляют большую угрозу окружающей среде. Все известные методы переработки не могут утилизировать все материалы, так как они не поддаются утилизации.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ ДОН ПО ЗООБЕНТОСНЫМ ОРГАНИЗМАМ**

*Федюченко Н. Р., \*Антонов И. В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: Nikitoskolobos@gmail.com*

Река Дон по площади водосбора, равной 422000 квадратных километра, занимает четвертое место среди рек Европейской части России, уступая лишь Волге, Днепру и Каме. Длина реки 1970 км. Исток Дона расположен в северной части Среднерусской возвышенности, на высоте около 180 метров над уровнем моря. Как и для большинства других рек этого района, для Дона характерно асимметричное строение долины: правый коренной берег ее почти на всем протяжении высокий и крутой, тогда как левый – пологий и низменный. По склонам долины отчетливо прослеживаются три террасы. Дно долины заполнено мощными отложениями аллювия; русло извилистое и изобилует многочисленными песчаными мелководными перекатами.

На территории города расположено несколько крупных промышленных предприятий, которые оказывают влияние на экосистемы реки. Это такие предприятия, как табачная фабрика «ЗАО Донской табак», ООО РЗЭ (Ростовский завод электроники), ООО Лада-лист (производство однослойных и многослойных пластиков), судоремонтный завод «Моряк», ОО Донской порт и др. Также этот участок реки является очень загруженным движением речных судов. Загрязнение происходит в результате сбросов подсланевых, фекальных и балластных вод, а также при обработке плавсредств и механизмов в период строительства и последующей эксплуатации наблюдается загрязнение водной массы и донных отложений нефтепродуктами.

В связи с такой экологической загруженностью реки было проведено исследование, чтобы достаточно точно отразить состояние экосистемы реки в зоне влияния города Ростов-на-Дону методом биоиндикации по зообентосным организмам. Пробы грунта были отобраны в августе 2022 в трех створах реки: на центральном пляже, по близости от судоремонтного завода «Моряк» и возле Донского порта. Результаты подсчета качественных и количественных характеристик зообентоса использовались при определении качества воды по таким индексам, как индекс Гуднайта-Уотлея, Вудивисса и Переле.

Возможность применения биоиндикации как способа определения санитарно-гигиенического состояния водотоков в Российской Федерации предполагает детальное изучение сообществ гидробионтов, приуроченных к конкретным водоемам и речным бассейнам. Исходя из необходимости применения количественных и качественных характеристик водоемов, испытывающих антропогенную нагрузку, используются различные

подходы, в том числе анализ обрастания (перифитона), который более адекватно отражает качество воды и демонстрирует ярко выраженные ответные реакции ее загрязнение. Это позволяет допускать возможность использования данной группы гидробионтов в качестве индикаторных организмов, которые дадут наиболее точную оценку санитарно-гигиеническому состоянию водоема.

В результате было выявлено на центральном пляже: 20 олигохет, 9 личинок комара, 1 пиявка, 1 поденок, 17 моллюсков; по близости от судоремонтного завода «Моряк»: 8 олигохет, 4 личинок комара, 2 водных клеща, 1 моллюска; возле Донского порта: 5 олигохет, 2 личинки комара, 1 кольчатый червь.

При расчете индексов, взятой пробы на центральном пляже, получилось, что индекс Гуднайта-Уотля равен 41,6 % – это означает класс качества воды 3 (умеренно грязная), а зона самоочищения бетамезосапробная. Биотический индекс Вудивисса равен 4, что соответствует 5 классу качества воды и степени загрязнения – грязная.

При расчете индексов, взятой пробы по близости от судоремонтного заводы, индекс Гуднайта-Уотля равен 53,3 % – это означает класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения альфамезосапробная. Биотический индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества воды и степени загрязнения – очень грязная.

При расчете индексов, взятой пробы возле Донского порта, индекс Гуднайта-Уотля равен 62,5 % – это означает класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения альфамезосапробная. Биотический индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества и степени загрязнения – очень грязная.

Таким образом, на центральном пляже допустимая степень загрязнения, которая не повредит человеку при купании, а по близости от судоремонтного завода «Моряк» и возле Донского завода выявлено очень сильное загрязнение. Для дальнейшего улучшения состояния экосистемы требуется провести ряд мероприятий на предприятиях для того, чтобы уменьшить воздействие их на водный объект.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ БУМАГИ И КАРТОНА С ПОМОЩЬЮ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЛОКОН**

*Литвинов М. А.,\* Мидуков Н. П.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: mnp83@mail.ru*

Бумага и картон – это композиционные материалы на основе растительных волокон, которые, взаимодействуя между собой, образуют микроструктуру, при этом прочность волокнистого материала зависит от прочности связей. Если силовая характеристика связи волокон сегодня известна и представлена в цифровом выражении для частных случаев, то направления действия сил, которые зависят от расположения поверхности волокна в пространстве не изучено. Очевидно, что сила является векторной величиной и ее направление имеет не менее важное влияние, чем ее значение. В связи с этим основные научные центры в мире по исследованию бумаги и картона занимаются проблемой моделирования волокна в трехмерном пространстве, которое позволит установить направления сил при контакте волокон, оценить объем и поверхность волокнистого материала, установить расположение в трехмерном пространстве контактирующих областей.

Научная работа посвящена решению фундаментальной задачи достоверного определения объема целлюлозного волокна, его активной поверхности, параметры которых позволяют оценить или спрогнозировать свойства вырабатываемой бумаги или картона. Для этого с помощью современных методов подготовки образцов к электронной микроскопии в совокупности с возможностями профессионального мощного графического редактора

конструируется 3D-модель волокна, находящегося в бумаге или картоне. Задача по 3D-моделированию включала в себя подготовку серии срезов микроструктуры бумаги с шагом не более 10 мкм с дальнейшим их преобразованием в трехмерное тело. Графическая программа векторного формата в разделе свойств объекта позволяет установить объем волокнистого материала, поверхность и массу. При правильном масштабировании 3D-тела в соответствии размерами, указанными на микроскопических снимках, в свойствах объекта генерируются искомые показатели. Полученная 3D-модель волокна позволяет также установить направление действия сил межволоконного взаимодействия в трехмерной системе координат. Отсутствие 3D-модели волокна в реальных размерах до сих пор не позволяло оценить истинное значение межволоконных сил связей, которые кроме численного значения имеют направленность, т. к. являются векторными величинами.

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

*Калошина Н. С.,\* Бескровная В. А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: chikaneee@yandex.ru*

В декабре 2021 года было утверждено стратегическое направление в области цифровой трансформации строительной отрасли, городского и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2021 г. № 3883-р). Реализация стратегии предполагает внедрение многих технологий, таких как: обработка больших данных, интернет вещей, системы распределенного реестра, виртуальная и дополненная реальность, информационное моделирование, пространственный анализ и моделирование, искусственный интеллект, телеметрия, проводная и беспроводная передача данных, микроэлектроника и радиоэлектроника. Указанные технологии найдут применение при формировании графика строительства, при оказании государственных и муниципальных услуг, при формировании реестра нормативно-технических документов в машинопонимаемом и человекочитаемом виде, при реализации концепции «умный дом», а также при реализации строительного надзора и строительного контроля.

Минстрой России активно ведет работу по внедрению отечественного программного обеспечения для развития технологий информационного моделирования в областях проектирования, строительства и эксплуатации объектов, что немаловажно в нынешних условиях на фоне антироссийских санкций. Несмотря на уход многих зарубежных игроков с российского рынка, отечественные компании целиком и полностью способны заполнить образовавшуюся нишу. Более того, интеграция отечественного программного обеспечения дает гораздо больше возможностей для взаимодействия с разработчиком в целях оптимизации работы ПО конкретно под нужды заказчика.

В данном исследовании мы рассматриваем готовый продукт – отечественное программное обеспечение, разработанное Санкт-Петербургской компанией ООО «Матрикс», и его возможности.

## **КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОСОБОВ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАТНОГО ИНЖИНИРИНГА ДЕТАЛЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ МАССОПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛА БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Иванова И. Ю., Мидуков Н. П.\**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: mnp83@mail.ru*

В работе представлены основные способы 3D-сканирования деталей сложной формы. Особое внимание уделяется выбору способа 3D-сканирования для деталей оборудования массоподготовительного отдела производства. Результатом критического анализа способов 3D-сканирования являются практические рекомендации по выбору сканера, позволяющего быстро и эффективно создавать 3D-модели, на основе которых разрабатывается техническая документация для последующего серийного изготовления. В работе представлены особенности лазерного, оптического, контактного способов 3D-сканирования. Оценка каждого из способов осуществлялась по точности сканирования, скорости, количеству точек, удобству использования 3D-сканера и т. д.

## **ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ 3D-СКАНИРОВАНИЯ ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ С 3D-МОДЕЛЬЮ ДЕТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ В ГРАФИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ**

*Поротикова И. В., Кириллова М. Б.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: mnp83@mail.ru*

В докладе представлены основные этапы построения 3D-модели детали сложной формы в графической программе и с помощью 3D-сканера. В качестве примера была создана 3D-модель с помощью лазерного 3D-сканера, а также в графической программе. Предварительно созданная в графической программе 3D-модель была распечатана с помощью 3D-принтера, при этом была достигнута высокая точность в размерах (наибольшее отклонение в размерах не превысило 5 %, для большинства размеров – 1 %). Затем была создана 3D-модель распечатанной детали с помощью лазерного тригонального сканера. Результатом 3D-сканирования являлся файл с расширением «.stl», который сравнивали с экспортированным из графической программы файлом 3D-модели тоже в «.stl» формате. В работе представлены результаты сопоставления двух 3D-моделей в программе Inventor, которая определила погрешности 3D-сканирования современным лазерным тригональным сканнером.

## **ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ С ПОМОЩЬЮ 3D-ПРИНТЕРОВ**

*Поротикова И. В., Кириллова М. Б., Сербул Д. В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: mnp83@mail.ru*

В работе представлены основные этапы построения детали сложной формы в графической программе AutoCAD. Результатом 3D-моделирования является файл с расширением «.dwg», экспортированный в формат «.stl» для дальнейшего изготовления с

помощью 3D-принтера. В работе представлены характеристики 3D-печати (толщина слоя, температура экструдера, скорости печати, коэффициент заполнения пластиком и др.), в соответствии с которыми была изготовлена деталь сложной формы. Контроль качества изготовленной детали позволил установить параметры усадки пластика для данных условий печати. Высокая точность изготовления детали была достигнута за счет определения коэффициента усадки каждого размера. Повторное изготовление детали с поправками позволило достичь соответствия размеров, заданных на чертеже, и готового изделия.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛОКОН БУМАГИ И КАРТОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-ТЕХНОЛОГИИ**

*Ефремов Т. И., Мидуков Н. П.\**

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург  
E-mail: mnp83@mail.ru*

Исследование посвящено оценке и прогнозированию свойств бумаги или картона. Для этого с помощью современных методов подготовки образцов к электронной микроскопии в совокупности с возможностями профессионального мощного графического редактора Inventor конструируется 3D-модель волокна бумаги.

3D-моделирование волокон осуществлялось с помощью программы Inventor, которая позволяла создавать ряд 2D-эскизов по изображениям поперечных срезов волокна. Затем по центрам масс эскизов поперечного сечения волокна выстраивалась осевая линия, по которой командой «лофт» формировалась 3D-модель.

В свойствах 3D-модели были отображены: объем, масса, площадь поверхности волокна. Эти показатели имеют важное значения для прогнозирования свойств бумаги и картона, а оценка площади области пересечения двух 3D-моделей волокон косвенно характеризует механические свойства бумаги и картона. Чем больше площадь соприкосновения волокон при равномерном их распределении, тем выше механические свойства бумаги и картона.

Таким образом, 3D-модель волокна дает возможность прогнозировать свойства бумаги и картона.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ НА ПРИМЕРЕ ГУП «ТЭК СПБ»**

*Сметанин А. В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, г. Санкт-Петербург  
E-mail: SmetaninAVI@gptek.spb.ru*

Энергетическая отрасль России находится в состоянии решения комплекса проблем, связанных с наличием физически и морально устаревшего оборудования. Одним из самых актуальных вопросов является определение и улучшение экологических показателей эксплуатации котлов за счет применения новейших энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Объектом исследования является котельная «Пискаревская», состоящей на балансе ГУП «ТЭК СПб». Цель выполнения данного исследования: повышения коэффициента полезного действия работы объекта в целом.

Данное исследование будет полезным для теплоэнергетических предприятий. В нем мы рассмотрим работы других авторов по переводу парового котла ДКВр-20-13 в водогрейный режим для продления срока службы оборудования и альтернативный вариант повышения эффективности за счет реконструкции котельной с заменой на современное оборудование.

Выполнение предлагаемых мероприятий в свою очередь приведет к таким изменениям, как: снижение расхода топлива, что способствует уменьшению себестоимости теплоэнергии; сокращение затрат на содержание котельной; уменьшение объема вредных выбросов в атмосферу; полная автоматизация оборудования; увеличение коэффициента полезного действия (КПД) оборудования котельной.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Слюта М. О.,\* Бахтин А. В.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: marina\_slyuta@mail.ru*

С каждым годом в целлюлозно-бумажную промышленность внедряются все более современные технологии, оборудование, используются новейшие методики для достижения лучшего качества конечного продукта и его экологической безопасности.

Промышленная водоочистка и водоподготовка – одна из важнейших задач для производства.

На предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности для изготовления бумаги используется большое количество воды, ее степень очистки в значительной степени определяет качество готовой продукции.

Природная вода, за редким исключением, недостаточно чиста и без соответствующей обработки не может быть применена для коммунального или промышленного водоснабжения. В следствии циркуляции в почве, на поверхности земли и даже в воздухе она загрязнена частицами глины, стоками с полей, живыми организмами, различными солями (хлоридами, сульфатами, карбонатами натрия или кальция, железа, марганца и др.), органическими веществами (гуминовыми кислотами), промышленными отходами и газами. Чтобы сделать воду пригодной для применения, ее подвергают очистке.

Как показывает практика, чрезмерный рост микроорганизмов в водопроводящих системах водоочистной станции и фабрики выражается в слизиобразовании и коррозии. Это нарушает производственный процесс, изготовленная бумага становится непригодной для использования. Микроорганизмы могут заноситься в бумажную массу с технической водой, а также с полуфабрикатами – волокнистыми и неволокнистыми. Ощущение скользкости при прощупывании внутренних стенок сооружений и каналов водостанций, трубопроводов, бассейнов, надсеточных ванн, напорных ящиков и другого оборудования на бумажной фабрике указывает на присутствие слизи. Наросты слизи могут достигать таких размеров, что они отрываются от места прикрепления и попадают вместе с массой на бумагоделательную машину, забивая сетку и вызывая обрыв полотна бумаги.

Образование слизи нежелательно по следующим причинам: забивание сеток и сукон, плохое качество формования бумаги, низкая прочность бумаги, некачественный внешний вид бумаги (пятна и пр.), запах в системе, рост анаэробных бактерий, вызывающих коррозию, сокращение эффективного диаметра трубопровода.

В данной работе рассмотрен участок и оборудование водоочистки картонно-полиграфического комбината, представлено новое оборудование и рассчитан экономический эффект от модернизации системы управления водоподготовки.

В результате внедрения предложенного нового оборудования производство сможет экономить на обслуживании фильтров для отчистки воды, а также повысить качество выпускаемой продукции.

## **БЕЗНОЖЕВОЙ РАЗМОЛ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАКУЛАТУРНОГО СЫРЬЯ**

*Слизикова Е. А.,\* Еремеев М. О., Шуркина В. И., Марченко Р. А.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск  
E-mail: 905426521lena@mail.ru*

Сложная экологическая обстановка в ряде стран, в том числе и в России, в значительной мере является следствием постоянного увеличения объемов образования промышленных и бытовых отходов. В связи с этим во многих странах мира проблема размещения, обезвреживания и утилизации отходов выходит на первый план. Одним из таких отходов является макулатура.

Основные преимущества использования макулатурного сырья заключается в следующем:

1. Переработка макулатуры уменьшает объемы вырубки леса: в качестве сырья одна тонна макулатуры заменяет 2–4 м<sup>3</sup> древесины или 4–7 деревьев.

2. Предприятия, использующие в качестве сырья макулатуру, располагаются в промышленно развитых районах, где образуются основные ресурсы макулатуры, имеются развитая инфраструктура, квалифицированные кадры и находится основная масса потребителей картонно-бумажной продукции.

3. Использование макулатуры, выделенной из твердых бытовых отходов, приводит к уменьшению объемов городских свалок и потребности в оборудовании для переработки отходов. Городские свалки содержат около 25 % (по массе) отходов бумаги и картона.

Однако следует отметить одну негативную тенденцию в области переработки макулатуры – это медленное понижение ее качества. Систематический многократный возврат макулатурного волокна в производство делает этот процесс практически неизбежным, ведь макулатурные волокна по своим физико-химическим и морфологическим свойствам значительно отличаются от первичных целлюлозных волокон.

Другая негативная сторона процесса переработки – разрушение волокнистой структуры. Подвергшиеся сушке волокна макулатурной массы из-за ороговения оказываются по сравнению с первичными полуфабрикатами значительно измельченными и слабо фибриллированными, а получаемая бумага – менее прочной, более рыхлой, мягкой и непрозрачной.

В связи с этим возникает необходимость в поиске новых способов обработки волокнистых суспензий с использованием новых видов оборудования, имеющего более мягкие и щадящие режимы размола вторичного волокна.

Наибольшее распространение в настоящее время получили ножевые размалывающие машины, такие как конические и дисковые мельницы. Но в таких машинах волокна подвергаются сильным рубящим воздействиям и раздавливанию, что в конечном итоге приводит к снижению прочностных показателей готовой продукции и значительно затрудняет использование в производстве макулатурного сырья.

Однако волокнистые полуфабрикаты, обработанные способами, исключаяющими ножевое воздействие на волокно, имеют высокие прочностные показатели и поэтому наряду с усовершенствованием ножевых машин необходимо изучать и внедрять безножевые методы обработки волокон.

Безножевые аппараты «струя-преграда» занимают значительное место при исследованиях оптимальных условий процесса разработки волокнистой суспензии для получения качественных видов бумаг, особенно из вторичного волокна.

На безножевой установке данного типа, разработанной в СибГУ им. М. Ф. Решетнева на кафедре машины и аппараты промышленных технологий, были проведены исследования

по переработке макулатуры. Ранее нами было проведено 5 циклов обработки макулатурного сырья из газеты. Было выявлено, что даже при проведении пяти циклов обработки на установке типа «струя-преграда» различные показатели массы находятся все еще на уровне достаточном, чтобы продолжить исследования с последующим увеличением циклов.

В то время как макулатурная масса при обработке ножевым способом способна выдержать лишь 4–5 циклов прежде, чем она станет непригодной к дальнейшему использованию.

Следовательно, можно сделать вывод, что безножевой размол по сравнению с ножевым обеспечивает более мягкий, щадящий режим обработки, что особенно важно для волокнистой суспензии из вторичного волокна, которая уже однажды претерпевала стадию размола.

## **АНАЛИЗ СОСТАВА ТАНИНОВ ПРИ ИХ ВЫДЕЛЕНИИ ИЗ КОРЫ СОСНЫ РАЗЛИЧНЫМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ**

*Диева А. Д.,\* Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,*

*Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: alinaustuvg@gmail.com*

Танины – основные водорастворимые вещества коры сосны, являющейся отходом лесопереработки. Известные способы их выделения не позволяют проводить идентификацию танинов (гидролизующие / негидролизующие), что важно для их дальнейшего использования. В работе проведено исследование по выделению танинов из коры сосны различными растворителями, определение оптимальной методики их количественного анализа с анализом соотношения содержания гидролизующих и негидролизующих танинов.

Кора деревьев, в частности сосны, является важным источником танинов, находящих широкое применение в кожевенной, текстильной, нефтяной промышленности, медицине и многих других областях. Известно, что в коре в сравнительно больших количествах обычно содержатся конденсированные танины (до 10...40 % от массы коры). Менее распространены в коре гидролизующие танины. Основным методом извлечения танинов из коры является экстракция. Количество получаемых танинов зависит от их ботанического происхождения, процесса, используемого растворителя и времени экстракции. Такие экстракты обычно загрязнены другими соединениями, в частности углеводами, что снижает качество получаемых дубильных веществ и затрудняет выделение и переработку компонентов экстрактов. Поэтому исследование экстрактов, полученных после обработки коры сосны различными экстрагентами, а также количественное определение состава полученных экстрактов является актуальной задачей, которая была поставлена в настоящем исследовании. Объектом исследования была выбрана кора сосны («Florizel», г. Новосибирск). В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду, 1 %-ный водный раствор неионогенного поверхностно-активного вещества (НПАВ) Tween-80, 5 %-ный водный раствор гидроксида натрия, 1:1 спирто-бензольную смесь в условиях горячей и холодной (в аппарате Сокслета) экстракции. Перед экстракцией кору предварительно обессмоливали петролейным эфиром. Количественное определение танинов проводили перманганатометрическим методом в присутствии индикатора индигосульфокислоты и гравиметрическим методом.

По данным перманганатометрии после осаждения лигнина из экстрактов установлено, значительное уменьшение выхода экстрактивных веществ во всех случаях. Скорее всего в экстрактах остались только гидролизующие танины, которые под действием серной концентрированной кислоты распались на составляющие, в то время как конденсированные танины образовали плотные красно-коричневые продукты полимеризации – флобафены.

Таким образом, на фильтре остался осадок не только лигнина и его подобных, но и конденсированных танинов. Результаты определения содержания танинов до и после удаления из экстрактов лигнина приведены в таблице.

Таким образом, лучшими растворителями для извлечения танинов оказались: NaOH (5 %), спирто-бензольная смесь и водный раствор Tween-80, а лучшие методы выделения дубильных веществ это: варка в автоклаве на масляной бане и холодная экстракция в аппарате Сокслета.

Содержание танинов в экстрактах до и после осаждения лигнина

Экстракт	Растворитель	Выход экстрактивных веществ из коры, %	
		до осаждения лигнина	после осаждения лигнина
Экстракция в автоклаве на масляной бане	NaOH (5%)	74,64	3,62
Горячая экстракция	Вода	26,60	0,30
	Вода+Tween-80	54,10	1,96
Холодная экстракция	Вода	24,69	0,61
	Обессмоленная кора		
	Вода	32,14	0,85
	Спирто – бензольная смесь	64,06	1,20

Для осаждения конденсированных танинов использовали формалин (40 %) и концентрированную соляную кислоту. Установлено, что в сосновой коре содержится относительно небольшое количество гидролизуемых танинов по сравнению с конденсированными. Выход гидролизуемых танинов из коры (%), определенный гравиметрическим методом, практически совпадает с выходом гидролизуемых танинов, определенным перманганатометрическим титрованием. Большее количество гидролизуемых танинов содержит экстракт, полученный в автоклаве с использованием NaOH (5 %) в качестве растворителя.

## РАЗМОЛ МАССЫ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЦБП

*Карелина А. А.,\* Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Хохлов К. А.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск  
E-mail: karelina.alexandra@mail.ru*

Для производства бумаги применяются в основном волокна растительного происхождения, главным компонентом которых является природный полимер – целлюлоза. Целлюлоза обладает рядом ценных свойств для производства бумажной массы: высокой молекулярной массой, цепевидным строением молекул, фибриллярной структурой, высокой прочностью и стойкостью к воздействиям различных химикатов и температуры, гидрофильностью, в том числе высоким сродством к воде и способностью набухать в ней. Благодаря этим свойствам целлюлозы, имеющим большое значение для процессов бумажного производства (размола, диспергирования волокон перед отливом бумажного полотна, образования связей между волокнами в бумажном листе), можно получать однородную по структуре и достаточно прочную бумагу без применения специальных

связующих. Важным достоинством целлюлозы является неограниченность сырьевых источников для ее производства и их возобновление. Наряду с применением древесины в производстве бумаги в последние десятилетия все большее значение приобретают недревесные источники целлюлозы, такие как стебли однолетних растений (соломы злаков, кукурузы, тростника, багассы, бамбука, трав альфы и эспарто и др.), лубяные волокна однолетних растений (лен, конопля, джут, рами, кенаф, гампи, митсумата и кодзу).

Альтернативным сырьем при производстве целлюлозы являются сельскохозяйственные культуры и побочные продукты пищевых производств. Волокна из таких культур как лен, конопля, мексиканская агава, другие продукты растениеводства и отходы от их переработки составляют значительную дополнительную сырьевую базу для получения целлюлозы.

Недревесные растения обычно содержат меньше лигнина, чем древесные, поэтому в меньшей степени нуждаются в отбелке, а, следовательно, и являются более дешевым источником целлюлозы, в том числе в плане меньшей энергозатратности получения.

Из всех видов недревесного растительного сырья признаны пригодными для получения бумаги и картона следующие: солома злаковых культур (пшеничная, ржаная, рисовая), стебли кукурузы, масличных и других технических культур (хлопчатника, льна-кудряша, подсолнечника, клещевины, рапса, хмеля, табака, картофеля), а также дикорастущие (камыш, осока, виноградная лоза, кустарниковая ива), льно-конопляные и хлопчатобумажные отходы. По своим свойствам все эти виды недревесного сырья можно разделить на две группы.

К первой группе относятся волокна льна, конопли, джута; хлопчатобумажные и прядильные отходы с разной степенью заостренности, содержащие 75–85 % целлюлозы, 1–2 % лигнина, которые обладают крепкими и длинными волокнами, размером до 10 мм и более.

Вторая группа включает другие указанные виды сырья, содержащие от 35 до 52 % целлюлозы, 13–22 % лигнина, 18–27 % пентозанов. Волокна в них короче волокна растений первой группы и хвойной древесины.

Конопля – однолетнее растение, ее стебель может достигать 5–7 м высоты (обычно 2–4 метра), а толщина стебля у основания от 3,5 до 15 мм. У растения прямой стебель с характерные запоминающимися листьями с пильчатыми краями. Вегетационный период конопли – от 80 до 160 дней.

По сравнению с обычной древесной бумагой конопляная бумага обладает превосходными качествами, такими как более высокая прочность, длина и тонкость. Из длинных лубяных волокон конопли получают бумагу прекрасного качества, не содержащую кислоты. В производстве конопляной бумаги используется меньше химикатов, чем в бумаге на основе древесины. Она не становится желтой, ломкой и не распадается со временем, как обычная бумага. Это более быстрый и эффективный способ выращивания волокна, чем использование деревьев. Бумага также качественная и прочная для длительного хранения бланков, денежной бумаги и производства сигарет. Конопляная бумага применяется в таких изделиях как технические фильтры, банкноты, библейская бумага, диэлектрическая и медицинская бумага, а также сигаретная бумага. Специальная бумага также включает бумагу для чайных пакетиков, фильтры для кофе, специальные нетканые материалы, жиронепроницаемую бумагу, углеродные салфетки и уплотняющие салфетки.

Вместе с тем при обработке конопли имеет место значительное затруднение в связи с тем, что необходимо проводить серьезные затраты на разделение внешних волокон конопли от внутреннего стержня – костры. Во-вторых, при размоле конопли, особенно внешней части при высокой концентрации, появляются серьезные затруднения при перемещении сырья в зоне размолла. В связи с этим разрабатываемая установка для размолла конопли высокой концентрации должна обеспечивать регулирование частоты вращения ротора, зазора между ножами ротора и статора, а также регулирование скорости вращения подающего шнека.

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗМАЛЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Каплёв Е. В. \*, Юртаева Л. В., Васильева Д. Ю., Алашкевич Ю. Д.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск  
E-mail: kaplyov2017@mail.ru*

Целлюлоза является наиболее популярным, а также доступным природным полимером, который в значительных масштабах подвергается химической переработке. Преимуществом ее широкого применения по сравнению с синтетическими полимерами является:

- огромная сырьевая база по производству данного продукта. На сегодняшний день основными сырьевыми источниками для получения целлюлозы являются: древесина, в которой масса целлюлозы составляет 40...50 %; камыш, злаки и подсолнечник – 30...40 %; стебли джута и льна – 75...90 %, хлопковые волокна – 95 %;

- наличие особых специфических свойств. За счет межмолекулярных водородных связей целлюлоза образует жесткоцепные структуры, природное предназначение которых обеспечить довольно высокую механическую прочность растительным тканям. Это связано с тем, что одна ее макромолекула проходит через несколько кристаллических участков.

Химическая переработка целлюлозосодержащего сырья предусматривает целью получения в основном низкомолекулярных продуктов (глюкозы, этилового спирта, ксилита и др.), а также простых и сложных эфиров целлюлозы. Как правило, при химической переработке целлюлозы последняя подвергается процессу гидролиза – деструкция, протекающая под действием воды и водных растворов кислот, щелочей и солей, сопровождающаяся присоединением молекулы воды по месту разрыва связей. При деструкции целлюлозы происходит разрыв глюкозидных связей в цепных макромолекулах целлюлозы с понижением ее степени полимеризации, теряется ее волокнистая структура и образуется порошковая целлюлоза (ПЦ).

Благодаря своим уникальным свойствам, целлюлоза в форме порошка находит применение во многих областях промышленности – медицинской и фармацевтической промышленности как вспомогательное средство при изготовлении таблеток; в пищевой промышленности при изготовлении печеной продукции, сладостей, рыбных консервов, майонезов, мясных и молочных продуктов; в косметике в качестве основы пудр, кремов; как исходный материал для получения нанокристаллической целлюлозы; в композиции упаковочных видов бумаги и картона для увеличения их прочности.

В зависимости от назначения целлюлоза в виде порошка может быть получена различными способами: механическим (сухой размол, размол на специальном оборудовании), химическим (гидролиз щелочами, кислотами, кислыми солями, щелочно-окислительная обработка природной целлюлозы) или их сочетанием.

Несмотря на многообразие способов получения ПЦ, наиболее популярным до сих пор остается химический способ. Суть которого заключается в воздействии различных концентрированных неорганических кислот на целлюлозный материал. В последнее время в связи с увеличивающимися объемами производства материалов из модифицированной целлюлозы остро встает проблема утилизации отработанных концентрированных растворов неорганических кислот после процесса гидролиза.

В СибГУ им. М. Ф. Решетнева на кафедре МАПТ ведутся исследования процессов получения порошковой целлюлозы с предварительным размолем волокнистой массы. Цель исследований заключается в получении порошковой целлюлозы после размола волокнистых материалов на безножевой установке типа «струя-преграда». Это связано с тем, что при размолем волокнистой суспензии происходит разрушение межмолекулярных связей внутри

клеточной стенки волокна с образованием микротрещин, что в дальнейшем может позволить снизить расходы на химическую обработку волокнистой массы.

Объект исследования – процесс получения порошковой целлюлозы.

Предметом исследования является размол волокнистой массы в безножевой размалывающей установке типа «струя-преграда».

В задачи данного исследования входило:

– анализ движения потока волокнистой суспензии в размалывающей установке с использованием мультифизических моделей течения в интегрированной платформе для моделирования «Ansys»;

– обработка волокнистой массы механическим способом с использованием безножевого способа размола на установке типа «струя-преграда»;

– обработка волокнистой массы химическим способом;

– определение величины степени полимеризации порошковой целлюлозы в зависимости от степени помола.

Обработку исходного сырья осуществляли механическим и химическим способами. Механический способ включал в себя размол на безножевой установке типа «струя-преграда», концентрацией волокнистой массы 1 % от 15 °ШР до 70 °ШР при параметрах, выбранных на основании ранее проведенных на кафедре МАПТ исследований – рабочее давление 13 МПа, расстояние от насадки до преграды 0,1 м, угол конусности насадки 45°.

На первом этапе для решения поставленных в работе задач в программе Ansys была построена модель гидропоршня с удлинителем и насадкой безножевой установки типа «струя-преграда». На ее основании был проведен анализ движения потока волокнистой суспензии и рассмотрены факторы, влияющие на размол в установках данного вида.

Затем после размола волокнистая масса со степенью помола от 14 °ШР до 78 °ШР подвергалась гидролизу с использованием 1,5N соляной кислоты с целью деструкции волокнистых форм целлюлозы. Для определения характеристической вязкости и степени полимеризации порошковой целлюлозы применяли железовиннонатриевый комплекс (ЖВНК), представляющий собой комплекс железа с тартратом натрия в растворе гидроксида натрия.

Анализ полученных данных показал, что с повышением степени помола волокнистой массы степень полимеризации порошковой целлюлозы снижается с 400 до 87. Это объясняется тем, что при размоле волокнистой суспензии происходит не только увеличение наружной поверхности волокон и количества свободных гидроксильных групп на их поверхности, но и разрушение межмолекулярных связей внутри клеточной стенки волокна с образованием микротрещин. Все это приводит к увеличению скорости протекания реакции волокнистой суспензии с кислотой и снижению степени полимеризации порошковой целлюлозы.

Таким образом, на основании проведенного исследования показано, что:

- разрушение волокон в размалывающей установке происходит за счет удара струи волокнистой суспензии о преграду при истечении ее из насадки и кавитации при растекании по преграде;

- процесс размола оказывает значительное влияние на снижение степени полимеризации ПЦ.

## **ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**

*Кулебакина Ю. Ю.,\* Первицкая В. А.*

*Национальный исследовательский Университет ИТМО, Санкт-Петербург*

*Жужома Ю. Н.*

*Санкт-Петербургский государственный университет  
промышленных технологий и дизайна, Санкт-Петербург*

*E-mail: juliakulebakina99@mail.ru*

На современном этапе развития экономики и общества изменения и улучшения достигают всех сфер жизни, включая социально-трудовую: с 2018 года в Трудовой кодекс было введено понятие «профессиональный стандарт», на данный момент разработано более 1300 стандартов по различным сферам трудовой деятельности. В скором времени Министерство труда и социальной защиты планирует заменить «Единый тарифно-квалификационный справочник работ и рабочих профессий» (ЕТКС) и «Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и служащих» (ЕКСД) на профессиональные стандарты, так как они являются более универсальным и расширенным документом, который содержит в себе характеристику трудовой функции в виде декомпозиции и модульного описания с указанием перечня профессий, в отличие от ЕТКС и ЕКСД, представляющих собой неструктурированное описание квалификационных характеристик по разрядам с перечнем основных работ.

Согласно законодательно-нормативной базе Российской Федерации, профессиональный стандарт представляет собой документально оформленную характеристику уровня знаний и умений, а также профессиональных навыков и опыта работника, необходимых для осуществления своей профессиональной деятельности. Профессиональные стандарты утверждаются Министерством Труда и публикуются на официальных сайтах правовой информации.

Все профессиональные стандарты имеют четкую структуру и содержат в себе:

- перечень вариантов названия специальности (должности);
- описание допустимого типа образования, включая обязательный или рекомендательный характер повышения и подтверждения квалификации, а также необходимые знания и умения;
- требования к наличию практического опыта к допуску к работам;
- специальные условия к допуску к работе.

Профессиональные стандарты являются универсальным инструментом в экономической и образовательной сферах, так как:

- для работодателей они необходимы для определения трудовых функций работников и организации их обучения, формирования системы оплаты труда, проведения аттестации и в целом для управления кадровой политикой;
- для граждан они являются эталоном для повышения квалификации в целях продвижения по карьерной лестнице, а также для поддержания соответствия своей квалификации определенной профессии;
- образовательные организации получают содержательную основу для формирования образовательных программ;
- для школьников они являются ориентиром, позволяющим сделать выбор будущей профессии и направления обучения, исходя из требований к компетенциям существующих профессий.

Внедрение профессиональных стандартов включает в себя следующие этапы:

- формирование рабочей группы по внедрению профессиональных стандартов;
- анализ организационной структуры, должностных инструкций, штатного расписания и другой документации, связанной с кадровой сферой;

- сопоставление требований к работникам с профессиональными стандартами для определения использования стандарта по виду профессиональной деятельности;
- составление плана-графика по актуализации кадровых документов на базе использования профессионального стандарта;
- обеспечение осведомленности сотрудников организации и высшего руководства о плане-графике актуализации кадровой документации;
- проведение аттестации работников для обеспечения соответствия требованиям профстандартов. При необходимости составление плана обучения персонала для повышения квалификации;
- актуализация кадровой документации;
- составление отчета о внедрении профстандартов.

В связи с расхождениями переход с использования ЕКСД на профессиональные стандарты приведет к ряду проблем:

- 1) затраты на реорганизацию кадровой документации, перевод сотрудников на новые должности;
- 2) определение обязательности применения профессионального стандарта и оценка экономической эффективности от перехода с ЕКСД;
- 3) определение ответственных лиц за внедрение профстандартов;
- 4) негативная реакция персонала на изменения кадровой политики;
- 5) несоответствие квалификации действующих сотрудников требованиям внедряемого профстандарта;
- 6) актуализация кадровой документации.

Со всеми этими проблемами столкнется работодатель, независимо от размера организации, вида деятельности и вида применяемого профстандарта. Поэтому для каждой проблемы предусмотрены и пути ее решения.

1) Определение обязательности применения профстандартов. Руководству компаний рекомендуется брать за основу письмо от 4 апреля 2016 г., которое отвечает на многие вопросы относительно применения профстандартов и, в том числе, какими нормативно-правовыми актами надо руководствоваться в первую очередь. Сюда относят указы Президента, федеральные законы, постановления Правительства РФ.

2) Определение рабочей группы. В группу по внедрению профстандарта в организацию следует включать как специалиста по HR, так и юриста с сотрудниками отдела по качеству с целью объединения их специфических знаний для более эффективного и корректного анализа существующих нормативно-правовых актов.

3) Для поддержания благоприятного климата в коллективе важно подготовить персонал к предстоящим нововведениям: руководство организации должно взять на себя обязанность донести до персонала необходимость актуализации кадровой политики, разъяснить вопрос о повышении квалификации и пересмотре оплаты труда, а также сообщить об отсутствии риска быть уволенными.

4) Для решения проблемы несоответствия квалификации персонала требованиям внедряемого профстандарта рекомендуется составить план обучения, который будет включать в себя курсы повышения квалификации, оплачиваемые как работодателем, так и самим сотрудником.

Внедрение профессионального стандарта – это трудоемкий процесс, требующий значительного количества времени и ресурсов, в связи с большим количеством расхождений положений ЕКСД и профессиональных стандартов. В процессе перехода работодатель может столкнуться с целым рядом проблем, решение которых является ответственностью работодателя. Следовательно, необходимы заблаговременное их изучение и проработка.

## ОСОБЕННОСТИ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РАСПУШЕННОГО МАТЕРИАЛА

*Антонова В. С., \*Осовская И. И.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*Добош А. Ю.*

*Военно-медицинская академия им С. М. Кирова, Санкт-Петербург*

*E-mail: iraosov@mail.ru*

Цель исследования – получение распушенной целлюлозы из древесного сырья, состоящего из лиственных или хвойных пород древесины по альтернативной технологии, включающей сухой размол целлюлозного полотна, т. е. размол в воздушном потоке (аэродинамический способ). Актуальность темы исследования обусловлена важностью создания экологически безопасных альтернативных технологий получения целлюлозного полуфабриката для производства бумаги и новых видов композиционных материалов. Своевременным является получение распушенной целлюлозы («пушонки») из целлюлозных волокон лиственных и хвойных пород древесины аэродинамическим способом и исследование возможностей ее применения как самостоятельного продукта для производства бумаги, так и в качестве добавки при получении многих композиционных материалов с целью улучшения их качества, снижения потребления воды и энергозатрат.

Технологический процесс и комплекс оборудования для промышленного производства картона и бумаги аэродинамическим способом разработан в Санкт-Петербургском государственном университете растительных полимеров (СПбГТУРП).

Лиственная целлюлоза после ISF-отбелки и обессмоливания имела следующие показатели: белизна 89,5 % ISO, содержание смолы – следы, содержание остаточного хлора 0,03 г/л; лигнина – менее 2%; влажность – 6 %; характеристика хвойной целлюлозы при тех же условиях подготовки: белизна – 88,4 % ISO, содержание смолы – 0,5 %, содержание остаточного хлора – 0,05 %, г/л; лигнина менее 2 %, влажность – 5 %.

Разработаны требования к подготовке целлюлозы из лиственных / хвойных пород древесины, включающие предварительную модификацию посредством обработки целлюлозы частичным кислотным гидролизом. Определены условия диспергирования модифицированной целлюлозы в воздушном потоке в присутствии пластификатора для снижения жесткости и придания гибкости целлюлозному волокну.

Теоретическая и практическая значимость работы обусловлена комплексом исследований, направленных на изучение закономерностей влияния на волокно модификации целлюлозы для улучшения бумагообразующих свойств посредством поверхностной деструкции целлюлозных волокон при гидролизе.

При традиционном (мокрое) способе формования внешнее фибриллирование волокна происходит на стадии размола, то для альтернативного (аэродинамического) способа (АДФ) активация поверхности волокна является обязательным приемом.

Показаны преимущества аэродинамического способа получения распушенной целлюлозы: возможность использования сульфатной целлюлозы разных пород древесины, отсутствие производственных стоков и вредных выбросов в атмосферу, экономию электроэнергии, уменьшение габаритов оборудования, необходимого для формования распушенной целлюлозы и полотна бумаги. В работе рассмотрены различные способы модификации целлюлозы с целью улучшения качества полученного распушенного материала.

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ПОСЛЕ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

*Ромашева М. М., \* Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Якубова О. С.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: rita.romasheva@gmail.com*

В настоящее время одним из развивающихся направлений в целлюлозно-бумажном производстве становится использование для получения целлюлозного материала растительного сырья недревесного происхождения. Одним из таких источников является топинамбур – культура сельскохозяйственного назначения. Большая часть топинамбура (в частности только клубни) идет на производство инулина и кормов для домашнего скота, а вегетативная часть является отходом. Содержание целлюлозы в стеблях может достигать 40 %, что делает их перспективными для комплексной переработки. При делигнификации растительного материала образуются отработанные варочные растворы по количественному составу, отличающегося от переработки древесного сырья. Исследование свойств этих щелоков позволит определить наиболее эффективные пути их дальнейшего использования.

В качестве объекта были выбраны стебли топинамбура, собранные в Ленинградской области в осенний период. Делигнификация проводилась сульфатным, бисульфитным, натронным способами при температуре 150 °С в течении двух часов. Пероксидную делигнификацию проводили раствором с содержанием пероксида водорода 9 % в течение двух часов при температуре 80 °С.

Анализ полученных отработанных щелоков показал, что наиболее эффективно процесс щелочной делигнификации проходит сульфатным способом. Содержание сухих веществ, в том числе лигнина в 2–2,5 раза больше, чем натронным. При этом количество продуктов гидролиза полисахаридов в натронном щелоке на 2 % выше, чем в сульфатном, в результате остаточная щелочность растворов после натронной делигнификации снижается. Содержание эфирорастворимых веществ в щелоках незначительно. Расхождение в содержание веществ в щелоках проявляется и в коллоидно-химической характеристике растворов. Гомогенная часть натронного отработанного щелока выше на 15 %, чем у сульфатного.

После бисульфитной делигнификации топинамбура при уровне общей титруемой кислотности отработанных щелоков 11,6 °К количество свободных и связанных органических кислот на 2 % выше по сравнению с аналогичной обработкой древесного сырья. При этом доля высокомолекулярной фракции лигносульфанатов в гетерогенной части раствора составила около 2 %.

В отработанном растворе после пероксидной делигнификации при остаточном содержании пероксида водорода 6 % коллоиднорастворенных веществ не обнаружено. Содержание в растворе сухих веществ в количестве 0,71 % позволит использовать отработанный раствор повторно без дополнительной очистки.

## **ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ДРЕВЕСНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ЦЕХА В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ ТБО**

*Дягилева А. Б., Смирнова А. И., \* Мазурик Д. И.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: smirnova\_nasty87@mail.ru*

В работе рассмотрены предварительные результаты исследования по оценке возможности использования коросодержащего потока предприятий лесопромышленного комплекса в активации формирования корневой системы растений, используемых при рекультивации свалок. Данное исследование преследует цель повышения экологической эффективности предприятий деревообрабатывающей отрасли, снижения нагрузки на очистные сооружения путем локализации и физико-химической подготовки специфического потока в виде товарного продукта для последующего целевого его использования в качестве стимуляторов роста.

В настоящее время проблема обращения с отходами остается острой для большинства регионов России, что связано с ростом объема отходов потребления и производства. На сегодняшний день уже накоплен значительный экологический ущерб от нерационального использования территорий различного назначения, в виде полигонов ТБО как организованных, так и неорганизованных. В связи с этим необходимо проводить мероприятия по рекультивации земель, которые предполагают организацию работ по восстановлению нарушенных слоев почвы для последующего целевого использования земельных участков.

Под рекультивацией земель принято понимать мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений.

При осуществлении технических мероприятий по рекультивации земель, указанных в части 2 статьи 60.12 Лесного кодекса Российской Федерации, использование отходов производства и потребления не допускается.

В связи с этим для обеспечения интенсификации этих процессов необходимо разрабатывать специальные реагенты на основе побочных продуктов производства переработки биомассы древесины и исследовать их свойства в качестве целевых композиций с получением соответствующих сертификатов.

Под биологическим циклом в процессе рекультивации полигона понимают комплекс агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель с учетом выбранного направления рекультивации для определенного целевого назначения. При проведении биологической рекультивации используется ассортимент видов растений, рекомендованный специалистами для конкретного региона. Первым этапом биологической рекультивации является выращивание предварительной культуры, умеющей адаптироваться в существующих условиях и обладающей высокой восстановительной способностью. Вторым этапом идет реализация проектного решения, которое определяет дальнейшее функционирование объекта.

В период рекультивации процесс восстановления почвогрунта достаточно длителен и может существенно изменяться от климатических зон и периода рекультивации по времени года. Однако при использовании специфических стимуляторов роста он может быть более продуктивным и эффективным, в том числе по накоплению гумуса. Большинство традиционно применяемых минеральных удобрений хорошо растворяется в воде, что

способствует вымыванию данных удобрений из грунта. Поэтому важно создать естественный барьер в почвенном слое за счет стимуляции роста посевного материала с накоплением корневой биомассы культур путем использования новых реагентов для управления биологическим процессом рекультивации. Важным качеством новых реагентов должно являться то, что они активно способствуют развитию биомассы растений, не проявляют токсичности по отношению к биоте вновь сформированного почвенного слоя и водным экосистемам при возможном их смывании по уклону. Сам процесс биологической стадии со стимуляторами роста может являться технологическим переходом от рекультивации свалок к созданию полигонов декарбонизации в проблемных регионах.

В данной работе проводились исследования с использованием реагента, полученного на основе запатентованного способа получения стимуляторов роста из водной вытяжки коросодержащей массы (патент на изобретение 2734634 С1). Именно его предполагается использовать на первом этапе биологической рекультивации для интенсификации выращивания предварительных культур, способных к адаптации в конкретных условиях.

Предприятия ЦБП являются потенциальными обладателями сырья для производств стимуляторов роста, так как в технологии основного производства остается высокая степень отделения коры от деловой древесины. Слой камбия, который разрушается при окорке, содержит в своем составе все необходимые вещества для формирования высших растений и подвержен разрушению при взаимодействии воды с древесиной на стадии ее подготовки. Под действием механического воздействия на отделенную кору в короотжимных аппаратах в воду переходят биологически активные вещества, такие как моно- и полисахариды, фрагменты лигнина, экстрактивные соединения, которые сами являются продуктами биосинтеза и в освобожденном виде могут способствовать формированию биомассы различных культур. Таким образом, можно предположить возможность использования, специально подготовленного коросодержащего потока в виде жидкой композиции для целевого использования при рекультивации земель различного назначения.

Исследования ростостимулирующей активности новых композиций были проведены на традиционно использованном посевном материале, таком как овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds) и клевер (*Trifolium pratense*). Исследования показали существенный прирост биомассы растений (более чем на 35–42 %) по сравнению с контрольными образцами, что свидетельствует о благоприятном влиянии этой модификации стимуляторов роста для высших растений, которые с успехом могут быть использованы для подготовки семенного материала для биологического этапа рекультивации полигонов и при этом не будут оказывать токсичного влияния на экосистемы.

## **ИЗМЕНЕНИЕ СРЕДНЕЙ ДЛИНЫ ВОЛОКНА ПРИ РАЗМОЛЕ МАССЫ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГАРНИТУР**

*Ушаков А. В.,\* Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А.  
Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск  
E-mail: al.usahkov2194@mail.ru*

Длина волокна – одна из важнейших характеристик целлюлозы, которая в значительной степени определяет прочностные свойства готового бумажного продукта. Для придания высоких прочностных свойств готовой бумажной продукции необходимо обеспечивать сохранность исходной длины волокна на стадии процесса размол волокнистого полуфабриката. В представленной работе показаны результаты изменения средней длины волокна целлюлозы, состоящей из листовенных пород древесины, размол

которой осуществлялся при высокой концентрации с использованием различных конструкций гарнитур.

Оценивая технологические факторы, влияющие на среднюю длину волокна в процессе размола волокнистого полуфабриката нельзя не отметить такой управляемый фактор, как концентрация волокнистой массы. Сохранность исходной длины волокна в процессе размола можно повысить путем изменения концентрации размалываемой массы. В ножевых размалывающих машинах, как правило, процесс размола осуществляется при низких концентрациях (от 1 до 4 %). Исследования, проведенные на кафедре МАПТ СибГУ им. М. Ф. Решетнева, показывают, что при размоле волокнистых суспензий низкой концентрации от 2 до 3 % наиболее высокие количественные значения средней длины волокна при равных степенях помола наблюдаются при концентрации.

В исследованиях Б. П. Матвеева, Л. Н. Лаптева, Н. Е. Трухтенковой рассматривалось влияние процесса размола массы высокой концентрации (от 5 до 20 %) на бумагообразующие свойства волокон. Установлено, что увеличение концентрации волокнистой массы в процессе размола до 20 % положительно сказывается на средней длине волокон, наблюдается их сохранность. Сравнивая результаты фракционирования волокнистой массы высокой и низкой концентрации, исследователи отмечают, что более высокий процент содержания длиноволокнистых фракций наблюдается у массы, размолотой при высокой концентрации. Данное явление объясняется, прежде всего тем, что при размоле массы высокой концентрации в межножевом зазоре размалываются не только отдельные волокна, но и пучки волокон, соответственно при пересечении ножей внутренние волокна в пучке разрушаются по слабым связям вдоль волокон, наблюдается процесс фибрилляции волокон.

Способ размола волокнистой массы высокой концентрации особенно целесообразен для размола целлюлозы состоящей из коротковолокнистых пород древесины. Поскольку исследования, связанные с влиянием конструкции гарнитуры на среднюю длину волокна при размоле массы высокой концентрации были рассмотрены не в полной мере, представляется целесообразным более детально изучить данные вопросы. Для этих целей на кафедре МАПТ СибГУ им. М.Ф. Решетнева проводились экспериментальные исследования. Размолу в дисковой мельнице подвергалась сульфатная беленая целлюлоза из лиственных пород древесины марки ЛС 1 (полуфабрикат АО группы «Илим», г. Братск) с начальной степенью помола 15 °ШР. Эксперимент проводился при частоте вращения ротора 2000 об/мин, межножевом зазоре 1,5 мм и концентрации волокнистой массы 10 %, 15 % и 20 %. Подача волокнистой массы в зону размола осуществлялась шнековым питателем при частоте вращения шнека 80 об/мин.

В эксперименте использовались следующие гарнитуры дисковой мельницы: секторная гарнитура с прямолинейной формой ножей, прямолинейная с равномерным распределением ножей и гарнитура с эксцентрично окружными ножами (рис. 1).

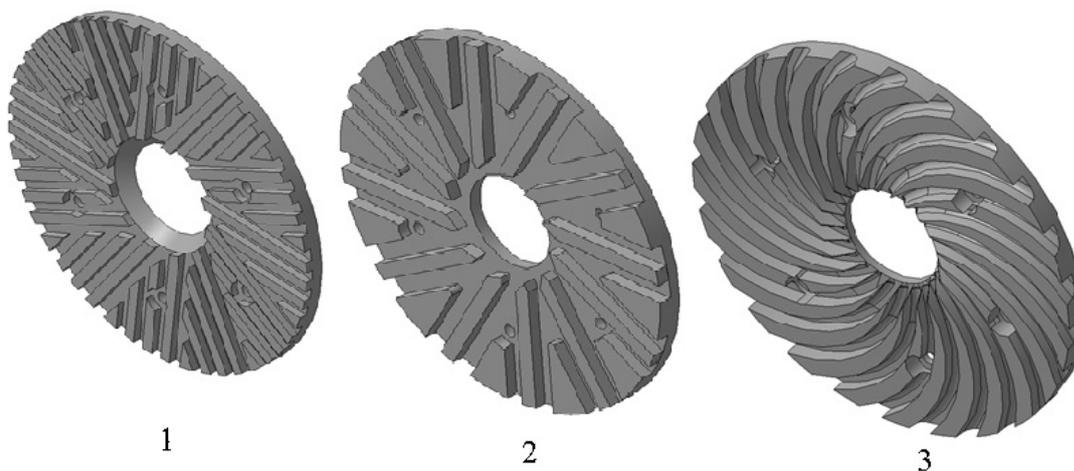


Рис. 1. Конструкции размалывающих гарнитур:  
 1 – секторная с прямолинейной формой ножей; 2 – прямолинейная с равномерным распределением ножей; 3 – с эксцентрично окружными ножами

На рис. 2 представлены графики зависимости изменения средней длины волокна от роста степени помола при концентрации волокнистой массы от 10 % до 20 % с использованием различных конструкций гарнитур. Из рисунка видно, что с ростом концентрации волокнистой массы наблюдается увеличение средней длины волокна. С ростом степени помола наблюдается незначительное укорочение волокон при использовании всех конструкций гарнитур. Наиболее благоприятное воздействие на волокнистую массу в процессе размола оказывает секторная гарнитура с прямолинейной формой ножей, при использовании которой наблюдается максимальная сохранность исходной длины волокна.

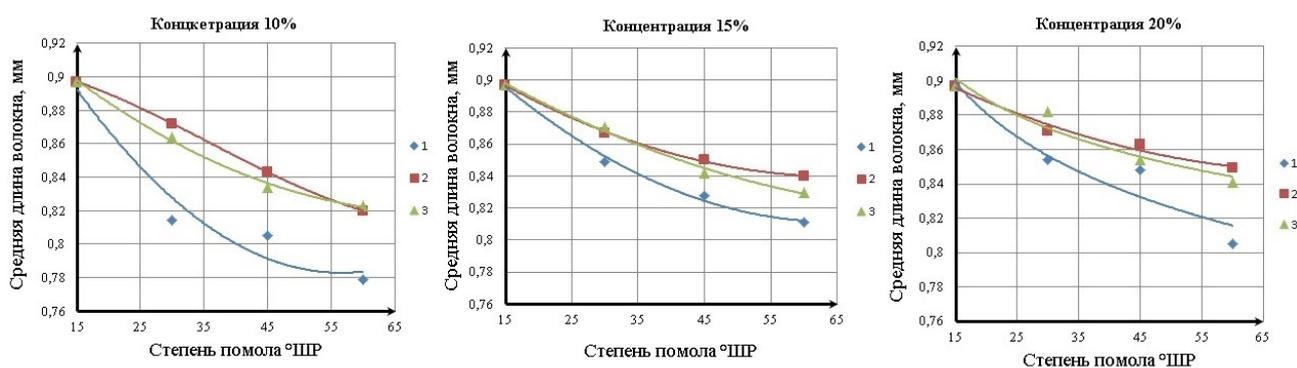


Рис. 2. Зависимость средней длины волокна от степени помола при различной концентрации волокнистой массы:

1 – гарнитура с окружной формой ножей, 2 – гарнитура секторная с прямолинейной формой ножей, 3 – гарнитура с прямолинейными ножами и равномерным их распределением

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РИСУНКА НАБОРНОЙ ГАРНИТУРЫ**

*Петрова А. А., \* Воронин И. А., Алашкевич Ю. Д., Зырянов Д. Е., Решетова Н. С.*

*Сибирский государственный университет науки и технологий*

*имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск*

*E-mail: [www.sss19951@gmail.com](mailto:www.sss19951@gmail.com)*

Бумага является неотъемлемой частью различных сфер жизнедеятельности общества. В настоящий момент наблюдается устойчивая тенденция роста затрат на изготовление бумажной продукции как на этапе производства готового продукта, так и при подготовке полуфабрикатов. Подготовка волокнистого сырья к отливу, а именно его размол до соответствующих показателей является наиболее энергозатратной операцией целлюлозно-бумажного производства.

В процессе размола волокно рубится и фибриллируется, при этом повышаются бумагообразующие характеристики волокна, от которых впоследствии будут зависеть физико-механические показатели готовой продукции. С целью повышения эффективности подготовки волокнистых полуфабрикатов процесс размола требует проведения исследований.

Изменение параметров размола позволяет изменять свойства и характеристики получаемых материалов в широком диапазоне. В зависимости от воздействия на волокно размалывающее оборудование делится на ножевые и безножевые размалывающие машины. Среди ножевых размалывающих машин наиболее распространены дисковые мельницы, основным рабочим органом которых является ножевая гарнитура. На характер разработки волокна также влияет выбор ножевой поверхности и направление ножей, поверхность гарнитуры может быть плоская, волнообразная или коническая.

Повысить качество получаемой продукции без увеличения себестоимости и модернизации производства позволяет использование принципиально новых видов гарнитур. Под руководством академика РАО Ю. Д. Алашкевича разработано большое разнообразие конструкций гарнитур и изучено их влияние на процесс размола и качество получаемого продукта.

На кафедре машин и аппаратов промышленных технологий Сибирского государственного университета науки и технологий им. М. Ф. Решетнева была спроектирована и изготовлена наборная гарнитура дисковой мельницы. Наборная гарнитура состоит из закрепленных на диске ротора и статора пяти концентрических колец. Для имеющейся конструкции существует 6 рисунков гарнитуры. При использовании конструктивных особенностей гарнитуры имеется возможность создания конической (рис. 1б) и волнообразной (рис. 1в) полости размола. Кроме этого, при повороте колец на заданный угол можно изменить ножевой рисунок гарнитуры, создавая прямолинейную форму ножей или же форму в виде «елочки».

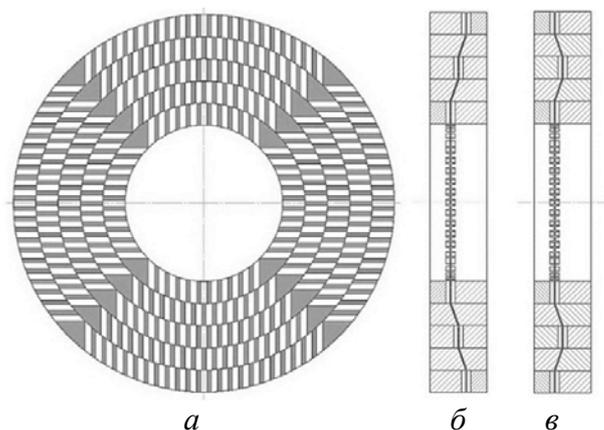


Рис. 1. Наборная размалывающая гарнитура дисковой мельницы:  
*a* – общий вид; *б* – коническая форма ножевой полости;  
*в* – волнообразная форма ножевой полости

Объектом исследования выступила беленая сульфатная хвойная целлюлоза (БСХЦ) производства ОАО «Группа «Илим» в г. Братске. Размол проводился на полупромышленной дисковой мельнице, при концентрации волокнистой массы 2 %, частоте вращения ротора – 2000 об/мин и межножевом зазоре 0,2 мм. Сравнение бумагообразующих свойств и физико-механических характеристик проводилось после размла волокнистой массы на гарнитуре с конической и волнообразной формой межножевой полости с прямолинейной формой ножей. Перед проведением эксперимента волокнистая масса была подвергнута замачиванию с последующим роспуском в гидроразбивателе.

При анализе бумагообразующих свойств было выявлено, что зависимости степени помола от продолжительности размла для обеих полостей имеют идентичный характер как по качественным, так и по количественным значениям. При этом стоит отметить, что у конической полости размла характер воздействия на волокнистую массу более направлен на укорочение волокон, чем у волнообразной. Для зависимостей водоудерживающей способности от степени помола качественные зависимости носят схожий параболический характер для обеих полостей размла, однако от 60 °ШР коническая полость имеет большие количественные значения, чем волнообразная, что в дальнейшем может усложнить процесс отливки на листоотливном аппарате.

Анализ физико-механических характеристик готовых отливок показывает, что для зависимости сопротивления продавливанию от степени помола, большее количественное значение, которое наблюдается уже после 45 °ШР, отмечается у волнообразной полости размла. При сравнении зависимости числа двойных перегибов от степени помола наблюдаются более значительные изменения показателя для выбранных полостей размла, при схожем качественном значении волнообразная полость дает более высокий результат по количественным значениям, чем коническая полость размла.

В ходе проведения исследований было выявлено, что несмотря на близкие качественные и количественные зависимости бумагообразующих показателей, волнообразная полость размла по характеру воздействия на волокно меньше направлена на укорочение волокон, в сравнении с конической. При использовании различного вида полостей размла отличаются и физико-механические характеристики полученных бумажных отливок, при этом волнообразная полость размла также демонстрирует лучшие количественные значения как по показателю сопротивления продавливанию, так и по показателю числа двойных перегибов, качественные же зависимости для обеих полостей носят схожий характер.

В отличие от существующих конструкций гарнитуры дисковых мельниц при необходимости изменения полости размола гарнитуры требуется менять как ее подвижную, так и неподвижную части. Предлагаемая же комбинированная конструкция гарнитуры позволяет изменять полость размола перестановкой колец с диска ротора на диск статора, что позволяет сократить расходы на рабочие элементы дисковых мельниц.

## **ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИИ БЕЛОЙ УПАКОВОЧНОЙ БУМАГИ НА ПАРАМЕТРЫ СТРУКТУРЫ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

*Лысаченкова М. М., \* Казаков Я. В., Чухчин Д. Г.*

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова, г. Архангельск*

*E-mail: m.lisachenkova@narfu.ru*

Известно, что вводимые в бумажную массу химикаты, выполняя свою целевую роль, попутно также влияют на скорость обезвоживания, то есть формования, а также на удержание мелочи, тем самым содержание в структуре волокнистой мелочи и наполнителей. При этом композиция бумаги по волокну часто определяет эффективность работы этих химикатов.

Для изучения влияния введения химических вспомогательных веществ в композицию бумаги нами был в лабораторных условиях проведен эксперимент, основной целью которого было установить, как влияют химикаты на структуру и свойства бумаги, определяемые неразрушающими методами.

Обычная композиция по волокну такой бумаги содержит хвойную и лиственную блененую сульфатную целлюлозу в соотношении 50:50 %. В бумажную массу на разных этапах массоподготовки вводят КМЦ, катионный крахмал, упрочняющую смолу, гидрофобизирующий клей, оптический отбеливатель и краситель. В результате бумага приобретает требуемые прочностные, барьерные и гидрофобные свойства. Данная технология была смоделирована в лабораторных условиях, изготовлены и проанализированы отливки, композиция которых состоит из 50 % хвойной и 50 % лиственной целлюлозы, без добавления химикатов (обозначены X + Л без) и с добавлением химикатов (X + Л хим).

В другой серии экспериментов были изготовлены и испытаны отливки из бумажной массы, отобранной из технологического потока БДМ, после размола на дисковых мельницах (мельницы), в которой уже присутствуют упрочняющие химикаты, и после БПУ (БПУ), в которую дополнительно введены гидрофобизирующие химикаты и химикаты придания влапопрочности.

В последнее время все больше внимания уделяется полуфабрикатам высокого выхода, особенно блененой химико-термомеханической массы, производство которой достаточно активно развивается в России и популярно в мире. Поэтому аналогичные предыдущим исследования были выполнены на отливках БХТММ, размолотых в лабораторных условиях, без введения химикатов (БХТММ без) и с химикатами (БХТММ хим).

Поскольку введение БХТММ в композицию бумаги привело к снижению показателей качества бумаги, то была сделана попытка компенсировать это за счет увеличения дозировки химикатов. Соответственно были изготовлены и испытаны отливки с композицией, из 37,5 % хвойной и 37,5% лиственной целлюлозы с добавкой 15 % БХТММ, с обычной дозировкой химиката (15 % БХТММ) и с увеличенной в 1,5 раза дозировкой (15 % БХТММ + 1,5 хим).

Проведенный эксперимент позволяет сделать следующие выводы:

1) В изотропной структуре лабораторных отливок на локальных участках возможна ориентация волокон во флокулах, и количественно ее оценить можно методом ИК-НПВО спектроскопии

2) Введение химических вспомогательных веществ способствует изменению характера упорядоченности и ориентации волокон во флокулах, формирующих структуру бумаги, за счет интенсификации коллоидно-химических взаимодействий в бумажной массе и флокуляции при отливе, что выражается в изменении спектроскопического параметра А. При этом имеет существенное значение дозировка и вводимых ХВВ и их наличие-отсутствие в бумажной массе до введения ХВВ.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ МАКУЛАТУРЫ ОФИСНЫХ ВИДОВ БУМАГ РАЗЛИЧНЫМИ СПОСОБАМИ**

*Смирнова Е. Г., \* Мидукова М. А.*

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна,  
Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*

*E-mail: smirnovalta@gmail.com*

Объектом исследования является процесс деинкинга (deinking) макулатуры из офисных видов бумаг, содержащих тонер. Деинкинг является важной стадией производства белых сортов бумаги из вторичного сырья, назначением которого является удаление тонера, чернил из макулатуры путём флотации.

Известно, что процесс нанесения тонера на целлюлозное волокно осуществляется при высокой температуре, при этом тонер и поверхность целлюлозного волокна на месте контакта переходят в вязко текучее состояние. Следовательно, в отличие от частиц чернила, которые впитываются в поры волокнистого материала, тонер также проникает в целлюлозный материал, в кристаллическую структуру. Поэтому связь между тонером и целлюлозным волокном прочнее, чем связь между частицами чернила, находящимися внутри пористого материала. Для ослабления прочной связи тонера с целлюлозным волокном требуется больше химикатов. В большинстве случаев готовая продукция, которая получена из запечатанной макулатуры, содержит вкрапления тонера, несмотря на большие затраты химикатов и воды при производстве белых сортов бумаги из вторичного сырья. Решить проблему вкраплений тонера в готовой продукции можно за счёт использования предварительного сухого роспуска, однако при этом необходимы высокие оптические показатели получаемой бумаги, которых можно добиться, используя ферментативную обработку. На сегодняшний день неизвестно, как повлияют ферменты на качество бумаги, если при этом решить проблему наличия вкраплений за счёт предварительного сухого измельчения.

Поэтому целью работы является разработка практических рекомендаций по повышению эффективности очистки макулатуры от тонера с использованием различных технологий. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: оценить белизну, яркость, непрозрачность и флуоресценцию при использовании различных видов химикатов для флотации макулатуры; оценить эффективность использования ферментов для повышения качества очистки макулатуры; использовать предварительный сухой роспуск макулатуры для повышения эффективности очистки макулатуры от тонера.

Результатами экспериментальных исследований по влиянию различных способов очистки макулатуры от тонера на оптические свойства бумаги стали данные, характеризующие белизну (CIE, %), яркость (ISO, %), флуоресценцию (%) и непрозрачность (%).

На основании полученных результатов исследования оптических свойств при различных способах деинкинга можно рекомендовать производителям бумаги и картона белых сортов, использующих в качестве сырья макулатуру МС-7Б, рассмотреть применение предварительного измельчения макулатуры в сухом состоянии, что позволяет полностью исключить вкрапления тонера, тем самым повысить качество готовой продукции. Падение белизны, яркости, флуоресценции можно восстановить за счёт использования ферментов (предпочтительнее  $\alpha$ -амилазы). Установлено, что фермент отечественного производства позволяет восстановить белизну, которая падает на 3–5 % за счёт равномерного распределения измельчённого тонера при предварительном сухом измельчении макулатуры.

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**  
**IV Международной научно-технической конференции**  
**молодых ученых и специалистов ЦБП**  
**«СОВРЕМЕННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ**  
**ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ**  
**И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ»**

2022

*Научное издание*

Редактор и корректор А. А. Чернышева  
Технический редактор Д. А. Романова

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:  
электронное устройство с программным обеспечением  
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/tp\\_get\\_file.php?id=202016](http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016), по паролю.  
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 09.11.2022 г. Рег.№ 5157/22

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД  
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.