



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

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

Материалы

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



**Санкт-Петербург
2023**

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

PULPFOR 2022



Материалы

IV Международной научно-технической конференции
молодых учёных и специалистов ЦБП

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

14 – 15 ноября 2022 г.



Санкт-Петербург
2023

УДК 676:(665+378+628)+674.8+502.17

ББК 65.9(2)304.18

С 568

Рецензент:

доктор технических наук, профессор кафедры целлюлозно-бумажных
и лесохимических производств ФГАОУ ВО «Северный (Арктический)
федеральный университет имени М. В. Ломоносова»

Яков Владимирович Казаков

С 568 Материалы IV Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП «Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения» (Санкт-Петербург, 14 – 15 ноября 2022 года) / Отв. ред. О. В. Фёдорова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 112 с.

ISBN 978-5-91646-336-1

В сборнике материалов размещены доклады научно-технической конференции, представленные студентами, аспирантами, молодыми учёными и специалистами целлюлозно-бумажной промышленности, ведущими фундаментальные и прикладные научные исследования. Конференция посвящена проблемам современного состояния целлюлозно-бумажной промышленности.

Представленные доклады освещают пять основных тем:

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

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

ISBN 978-5-91646-336-1

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД, 2023

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
**ST. PETERSBURG STATE UNIVERSITY
OF INDUSTRIAL TECHNOLOGIES AND DESIGN**
HIGHER SCHOOL OF TECHNOLOGY AND ENERGY



PULPFor 2022



Proceedings
of the IV International Scientific and Technical Conference
of Young Researchers and Pulp & Paper Industry Specialists

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

November 14-15, 2022



St. Petersburg
2023

UDC 676:(665+378+628)+674.8+502.17

Reviewer:

Yakov Vladimirovich Kazakov, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Pulp and Paper and Wood Chemical Production in the Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov

Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference of Young Researchers and Pulp & Paper Industry Specialists «Modern Pulp and Paper Industry. Current Challenges and Promising Solutions» (Russia, St. Petersburg, 14–15 of November, 2022). Ed. O. V. Fedorova. – St. Petersburg, SPbSUITD HSTE, 2023, 112 p.

ISBN 978-5-91646-336-1

The proceedings contain reports of the scientific and technical conference presented by students, postgraduates, young researchers and specialists of pulp and paper industry, carrying out fundamental and applied scientific research projects. The conference is devoted to the problems of the current state of pulp and paper industry.

The reports cover five main themes:

- technologies and equipment of the pulp and paper industry;
- environmental protection and energy saving;
- problems of professional standards applying;
- conditions for the implementation of the best available technologies;
- digitalization and cybersecurity.

These proceedings are intended for those who are interested in modern technologies and research methods in various branches of science.

ISBN 978-5-91646-336-1

© Higher School of Technology
and Energy of SPbSUITD, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Громова Е. Н., Николаева А. Г. Исследование кинетики и тепломассообмена при сушке целлюлозы.....	10
Диева А. Д., Петрова Е. А., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А. Анализ состава танинов при их выделении из коры сосны различными растворителями.....	15
Дягилева А. Б., Смирнова А. И., Мазурик Д. И. Потенциальная возможность применения сточных вод древесно-подготовительного цеха в биологическом цикле рекультивации полигонов ТБО...	19
Каплёв Е. В., Юртаева Л. В., Васильева Д. Ю., Алашкевич Ю. Д. Способ получения порошковой целлюлозы с использованием размалывающего оборудования.....	25
Карелина А. А., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А., Хохлов К. А. Размол массы высокой концентрации из растительного сырья в ЦБП.....	31
Кулебакина Ю. Ю., Первицкая В. А., Жужома Ю. Н. Проблема применения профессиональных стандартов в области управления качеством.....	37
Левин Б. В., Малютина Д. И., Смирнова Е. Г. Применение модифицированного наполнителя в высокозольных видах бумаги.....	41
Мухина П. М., Ерохина О. А., Пекарец А. А., Аким Э. Л. Взаимодействие водно-глицериновых смесей с опилками древесины лиственницы и древесной мукой на их основе.....	46
Новикова М. А., Ковалёв Д. А. Описание существующих способов автоматизации процесса сжигания чёрного щёлока в СРК.....	53
Петрова А. А., Воронин И. А., Алашкевич Ю. Д., Зырянов Д. Е., Решетова Н. С. Влияние рисунка наборной гарнитуры на процесс размола волокнистого полуфабриката.....	57
Ромашева М. М., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Якубова О. С. Сравнительный анализ отработанных растворов после делигнификации недревесного растительного сырья.....	63
Ръжиков В. А., Пекарец А. А., Аким Э. Л. Переработка отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры.....	66
Слизикова Е. А., Еремеев М. О., Шуркина В. И., Марченко Р. А. Безножевой размол как наиболее эффективный способ для обработки макулатурного сырья.....	72
Слюта М. О., Бахтин А. В. Совершенствование системы управления качеством технологической воды для бумагоделательного производства.....	76
Слюта М.О., Левинцева В. С., Иванова О. А. Исследование системы управления качеством бумажного полотна на АО «Кондопожский ЦБК».....	81

Ушаков А. В., Алашкевич Ю. Д., Кожухов В. А. Изменение средней длины волокна при размоле массы высокой концентрации с использованием различных конструкций гарнитур.....	87
Федюченко Н. Р., Антонов И. В. Оценка качества воды в реке Дон по зообентосным организмам.....	92
Щекатуров И. А. Влияние процесса производства нанокompозитной пленки на окружающую среду.....	97
Якубова О. С., Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Деркачева О. Ю. Влияние состава композиций ПАВ на содержание неомыляемых веществ в черных щелоках сульфат-целлюлозного производства.....	103
Лысаченкова М. М., Казаков Я. В., Чухчин Д. Г. Влияние композиции белой упаковочной бумаги на параметры структуры, определяемые спектроскопическим методом.....	107

CONTENTS

Gromova E. N., Nikolaeva A. G. Investigation of kinetics and heat and mass transfer during drying of cellulose.....	14
Dieva A. D., Petrova K. A., Demyantseva E. Yu., Smit R. A. Analysis of the composition of tannins during their isolation from pine bark with various solvents.....	18
Dyagileva A. B., Smirnova A. I., Mazurik D. I. The potential possibility of using waste water from the wood preparation workshop in the biological cycle of landfill remediation.....	24
Kaplyov E.V., Yurtaeva L. V., Vasilyeva D. Yu. Alashkevich Yu. D. The method for producing powdered cellulose using grinding equipment	30
Karelina A. A., Alashkevich Y. D., Kozhukhov V. A., Khokhlov K. A. Refining mass of high consistency from plant raw material in pulp and paper industry.....	36
Kulebakina Yu.Y., Pervitskaya V. A., Zhuzhoma Yu.N. The problem of applying professional standards in the field of quality management.....	41
Levin B. V., Malyutina D. I., Smirnova E. G. Application of modified filler in high ash grades of paper	45
Mukhina P. M., Erohina O. A., Pekarets A. A., Akim E. L. Influence of water-glycerine mixture treatment parameters on the process interaction with larch sawdust sampels	51
Novikova M. A., Kovalev D. A. Description of existing methods for automating the process of burning black liquor in in the recovery boiler	56
Petrova A. A., Voronin I. A., Alashkevich Yu. D., Zyryanov D. E., Reshetova N. S. Influence a pattern dialed grindingset on the process of grinding the fibrous semi-finished product	61
Romasheva M. M., Demyantseva Ye. Yu., Smith R. A., Yakubova O. S. Comparative analysis of waste solutions after delignification of non-wood vegetable raw materials.....	65
Ryzhikov V. A., Pekarets A. A., Akim E. L. Recycling of cardboard and paper containing cellulose and synthetic polymers.....	71
Slizikova E. A., Eremeev M. O., Shurkina V. I., Marchenko R. A. Knife-free grinding as the most effective way to process waste paper raw materials.....	75
Slyuta M. O., Bakhtin A. B. Improvement of the process water quality management system for paper production....	81
Slyuta M. O., Levintseva V. S., Ivanova O. A. Research of the paper web quality management system at Kondopoga PPM JSC.....	87
Ushakov A. V., Alashkevich Y. D., Kozhukhov V. A. Change in the average length of the fiber during refining of a mass of high consistence using various refiner design	91
Fediuchenko N. R., Antonov I. V. Assessment of water quality in the Don river by zoobenthos organisms	97

Shchekaturov I. A. Effect of the nanocomposite film producing process on environment	102
Yakubova O. S., Demyantseva E. Yu., Smith R. A., Derkacheva O. Yu. The influence of surfactant compositions on the content of unsaponifiable substances in black liquors	106
Lysachenkova M. M., Kazakov Y. V., Chukhchin D. G. Influence of the white packaging paper fiber furnish on the paper structure parameters defined by spectroscopic methods	111

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ И ТЕПЛОМАССОБМЕНА ПРИ СУШКЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Е. Н. Громова *, А. Г. Николаева

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

**E-mail: gromova.gturp@mail.ru*

Аннотация. В докладе приводятся результаты сравнительного анализа различных способов сушки целлюлозы, описываются результаты экспериментальных исследований процесса сушки в аэрофонтанной сушильной установке и с применением инфракрасного излучателя. На основании полученных данных строятся кинетические кривые сушки и определяются критическое влагосодержание и интенсивность сушки. В процессе обработки экспериментальных данных устанавливается эмпирическая зависимость средней интенсивности сушки от температуры излучателя.

Ключевые слова: кинетика сушки, целлюлоза, радиационно-конвективная сушка, кинетические кривые сушки.

Природная целлюлоза является основным веществом, из которого построены стенки клеток тканей растений, а растительное сырье, в свою очередь, является главным источником промышленного производства целлюлозы. Из целлюлозы производят различные виды бумаги, санитарно-гигиенических изделий и даже некоторые пищевые продукты.

Процесс получения целлюлозы или делигнификация – это освобождение природной целлюлозы от других составляющих растительной ткани: гемицеллюлоз, смол, жиров и, главным образом, лигнина [1, 2].

Существует несколько способов сушки целлюлозы:

- контактный способ (пресспаты),
 - конвективный способ (сопловые сушилки типа Flakt),
- а также в аэрофонтанных или пневматических трубах-сушилках.

Современный пресспат представляет собой упрощенную бумагоделательную машину, в сушильной части которого происходит процесс осушения целлюлозы за счет соприкосновения полотна с нагретой поверхностью полых цилиндров, расположенных в шахматном порядке. Внутри этих цилиндров подается насыщенный пар с температурой от 80 до 120 °С.

В конвективных сопловых сушильных установках движение полотна целлюлозы осуществляется в потоке нагретого воздуха, который подается из дутьевых камер. Сушильные ярусы располагаются друг над другом, и полотно проходит через сушилку в виде многократно отклоненной ленты. При использовании конвективных сушилок усадка полотна происходит свободно, и связи между волокнами образуются без заметного напряжения. Это положительно сказывается на качестве целлюлозы.

Для сушки целлюлозы в виде лепестков применяются пневматические или аэрофонтанные трубы-сушилки, принцип действия которых основан на сушке материала в потоке горячего воздуха или газа во взвешенном состоянии. Целлюлоза из массных бассейнов поступает на обезвоживающий пресс и далее в разрыватель, вал которого снабжен острыми зубцами, которые измельчают массу на отдельные мелкие кусочки. Лепестки поступают в сушильную башню, где подхватываются восходящим потоком воздуха или газов. Высушенная лепестковая целлюлоза попадает в циклон, откуда ссыпается в плитный пресс, который превращает ее в кипы. Кипы заворачиваются в оберточную бумагу, обвязываются проволокой и транспортируются на склад готовой продукции.

На сегодняшний день существуют проекты использования ИК-излучения для сушки толстых волокнистых материалов (таких как целлюлоза). Радиационно-конвективная сушилка представляет собой комбинацию соплового короба и коротковолнового ИК-излучателя (рис. 1).

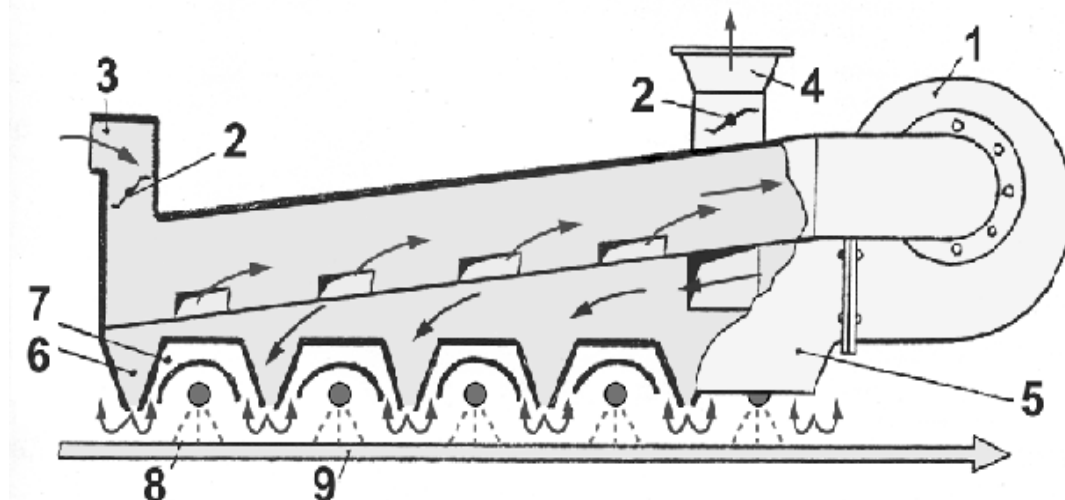


Рисунок 1 – Радиационно-конвективная сушилка:

1 – вентилятор; 2 – регулирующие шиберы; 3 – забор свежего воздуха; 4 – выброс отработавшего воздуха; 5 – сопловая камера; 6 – сопла; 7 – всасывающая щели; 8 – излучатели, 9 – целлюлоза

Целлюлозное полотно, проходя между сушителями, подвергается переменному воздействию ИК-излучения и струи сушильного воздуха, что позволяет создать осциллирующий режим сушки.

При чисто радиационном подводе теплоты существует опасность перегрева поверхностных слоев материала. В случае высокоинтенсивного конвективного подвода теплоты внутри материала возникает значительный градиент температуры, и термодиффузия препятствует перемещению влаги из центральных слоев материала к поверхности испарения. В случае осциллирующего режима радиационно-конвективной сушки, как за счет проникающей способности ИК-лучей, так и за счет снижения температуры поверхности материала под воздействием струи воздуха, температурный градиент меняет свое направление, и термодиффузия ускоряет подвод влаги к поверхности материала. К тому же прерывистый режим излучения по сравнению с непрерывным дает большую экономию энергии.

Таким образом, по результатам анализа существующих способов сушки целлюлозы были выявлены преимущества и недостатки каждого:

Пресспат:

1. Простота конструкции, позволяющая быстро производить ремонтные работы.
2. Простота эксплуатации.
3. Низкая интенсивность сушки в сравнении с другими типами установок.
4. Большая металлоемкость.
5. Низкое качество продукции в связи с неравномерным профилем влажности.

Сопловая сушилка типа Flakt:

1. Высокая интенсивность сушки.
2. Лучшее качество продукции за счет свободной усадки полотна.
3. Движение на «воздушной подушке» практически исключает обрывы полотна.
4. Сложность конструкции по сравнению с контактной сушилкой (прессплатом).

Пневматическая (аэрофонтанная) сушильная установка:

1. Высокая интенсивность сушки по сравнению с контактными установками.
2. Установка не требует сооружения отдельного помещения.

3. Высокое качество выпускаемой продукции.
4. Наличие дополнительного оборудования: разрывного шнека и stub-пресса.
5. Громоздкость установки может вызвать неудобства в эксплуатации.

Радиационно-конвективную сушку целесообразнее всего использовать как дополнение к контактному сушильному установкам для коррекции профиля влажности по ширине полотна и сушки после поверхностной обработки во встроенных клеильных прессах.

Самостоятельное использование радиационно-конвективных сушильных устройств целесообразно в том случае, когда невозможно применить другие виды сушки: при сушке листовых материалов, клеевых или мелованных покрытий.

Для выполнения сравнительных расчетов установок для сушки целлюлозы были проведены экспериментальные исследования кинетики конвективной и радиационной сушки целлюлозы.

Сушку целлюлозы в виде лепестков во взвешенном состоянии в потоке горячего воздуха проводили в аэрофонтанной пневматической установке на лабораторном стенде в лаборатории сушки целлюлозно-бумажных материалов ВШТЭ.

Перед началом опыта образец целлюлозы разрывали на мелкие кусочки (10-20 мм) и помещали в сушильную камеру. Кусочки образца высушивали определенное время в установке при температурах (50-80 °С), после чего взвешивали общую массу кусочков и досушивали их до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу.

На рис. 2 представлены полученные кинетические кривые сушки целлюлозы массой 750 г/м² при температуре воздуха 50, 65 и 80 °С.

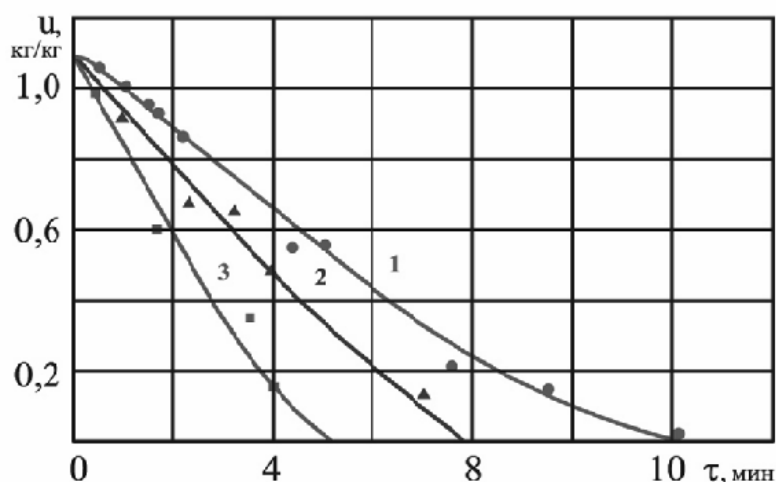


Рисунок 2 – Кинетические кривые аэрофонтанной сушки целлюлозы при температурах воздуха: 1 – 50 °С; 2 – 65 °С; 3 – 80 °С

Как видно из графиков, критическое влагосодержание целлюлозы не меняется ($U_k = 0,6$ кг/кг), а скорость сушки в первом периоде увеличивается с ростом температуры воздуха.

При обработке опытных данных нами была получена зависимость интенсивности сушки в первом периоде от температуры сушильного агента:

$$m_1 = 0,063 \cdot t^{1,2}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ час}).$$

Из графиков видно, что с увеличением температуры воздуха с 50 до 80 °С продолжительность сушки снижается в два раза.

Повышение температуры сушильного воздуха приводит к интенсификации процесса сушки, однако с повышением температуры физико-механические показатели целлюлозы ухудшаются [3].

Это происходит за счет необратимых коллоидно-химических процессов ороговения волокна, при этом ухудшаются упруго-эластичные свойства целлюлозы, что приводит к сокращению геометрических размеров целлюлозного листа, т. е. к усадке. Поэтому сушку

целлюлозы целесообразнее проводить в конвективных сушилках, где происходит свободная усадка полотна.

Из кинетических кривых определялось критическое влагосодержание и интенсивность сушки.

$$m_1 = \beta \cdot (P_{н.п} - P_{п.в}), \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ час})$$

или

$$m_1 = 60 \cdot G_{\text{сух}} \cdot \frac{(u_0 - u_k)}{(F \cdot \tau_1)}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ час}).$$

Также определялся массообменный потенциал сушки (разность парциальных давлений насыщенного пара и пара в воздухе) и коэффициент конвективного массообмена в первом периоде сушки β .

Кроме того, в процессе опытов была определена скорость витания различных по размерам и по форме кусочков белой целлюлозы в воздушном потоке (при температуре 20 °С).

Общие закономерности кинетики при аэрофонтанной сушке сохраняются такими же, что и при сопловой сушке. Температура влажной целлюлозы остается постоянной и близкой к температуре смоченного термометра, а температура воздуха адиабатически падает вследствие расхода большого количества тепла на испарение воды из лепестков целлюлозы [4, 5].

Для оценки эффективности применения ИК-излучателей для сушки целлюлозы была создана лабораторная установка, состоящая из кварцевой лампы, закрепленной на штативе, и безгиревых весов Е-500М. Для регулировки температуры излучателя лампа подключалась к розетке с помощью лабораторного автотрансформатора. Температура излучателя определялась с помощью оптического пирометра «Проминь».

Опыты проводились при температурах излучателя 300, 400 и 500 °С. Взвешивание образца проводилось через каждые 15 секунд.

В результате опытов получены кинетические кривые сушки при различных температурах излучателя.

На графике (рис. 3) представлена одна из опытных кривых, полученных при температуре 500 °С. Как видно из графика, кривая имеет три характерных участка: прогрев, период постоянной скорости сушки и период уменьшающейся скорости сушки.



Рисунок 3 – Кинетическая кривая ИК-сушки целлюлозы

В процессе обработки экспериментальных данных установлена эмпирическая зависимость средней интенсивности сушки от температуры излучателя:

$$m = 3,39 \cdot \exp(2,56 \cdot 10^{-3} t_{\text{изл}})$$

Полученные кинетические характеристики (критическое влагосодержание и интенсивность сушки) могут быть использованы при расчетах эффективности сушки.

Список литературы

1. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона: информац.-техн. справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2015. – 465 с.
2. Лыков А. В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
3. Непенин, Н. Н., Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы производства целлюлозы. – В 3 т. – 2-е изд. – М.: Экология, 1994. – Т. II. – 592 с.
4. Акулич П. В. Расчеты сушильных и теплообменных установок. – Минск: Беларуская навука, 2010. – 443 с.
5. Лакомкин В. Ю., Смородин С. Н., Громова Е. Н. Теплообменное оборудование предприятий (сушильные установки): учебное пособие. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. – 142 с.

INVESTIGATION OF KINETICS AND HEAT AND MASS TRANSFER DURING DRYING OF CELLULOSE

E. N. Gromova*, A. G. Nikolaeva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, Higher School of Technology and Energy, Saint Petersburg

**E-mail: gromova.gturp@mail.ru*

Abstract. The report presents the results of a comparative analysis of various methods of drying cellulose, describes the results of experimental studies of the drying process in an aerial drying plant and using an infrared emitter. Based on the data obtained, kinetic drying curves are constructed and the critical moisture content and drying intensity are determined. During the processing of experimental data, the empirical dependence of the average drying intensity on the temperature of the radiator is established.

Keywords: *drying kinetics, cellulose, radiation-convective drying, kinetic curves of drying.*

References

1. *Proizvodstvo cellyulozy, drevesnoj massy, bumagi, kartona: informacz.-texn. spravochnik po nailuchshim dostupny`m texnologiyam* [Production of pulp, wood pulp, paper, cardboard: informats.-tech. handbook of the best available technologies]. M.: Federal`noe agentstvo po texnicheskomu regulirovaniyu i metrologii, 2015. – 465 p. (In Russian).
2. Ly`kov A. V. *Teoriya sushki* [Drying theory]. M.: E`nergiya, 1968. – 472 p. (In Russian).
3. Nepenin, N. N., Nepenin Yu. N. *Texnologiya cellyulozy. Ochistka, sushka i otbelka cellyulozy. Prochie sposoby` proizvodstva cellyulozy`* [Pulp technology. Cleaning, drying and bleaching of cellulose. Other methods of pulp production]. V 3 t. – 2-e izd. – M.: E`kologiya, 1994. – T. II, 592 p. (In Russian).
4. Akulich P. V. *Raschety` sushil`ny`x i teploobmennyy`x ustanovok* [Calculations of drying and heat exchangers]. – Minsk: Belaruskaya navuka, 2010. – 443 p. (In Russian).
5. Lakomkin V. Yu., Smorodin S. N., Gromova E. N. *Teplomassoobmennoe oborudovanie predpriyatij (Sushil`ny`e ustanovki): uchebnoe posobie* [Heat and mass transfer equipment of enterprises (Drying plants): textbook]. SPb.: VShTE` SPbGUPTD, 2016. – 142 p. (In Russian).

АНАЛИЗ СОСТАВА ТАНИНОВ ПРИ ИХ ВЫДЕЛЕНИИ ИЗ КОРЫ СОСНЫ РАЗЛИЧНЫМИ РАСТВОРИТЕЛЯМИ

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

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

**E-mail: alinaustuyg@gmail.com*

Аннотация. Танины – основные водорастворимые вещества коры сосны, являющейся отходом лесопереработки. Известные способы их выделения с последующей дифференциацией на гидролизуемые и негидролизуемые классы не были достаточно изучены в вопросе применения поверхностно-активных веществ для интенсификации процесса экстракции. В настоящей работе проведено исследование по выделению танинов из коры сосны различными растворителями, в частности, в присутствии неионогенного поверхностно-активного вещества полиоксиэтиленсорбитана моноолеата, определение оптимальной методики их количественного анализа с анализом соотношения содержания гидролизуемых и негидролизуемых танинов.

Ключевые слова: танины, кора сосны, экстракция, Tween-80.

Кора деревьев, в частности, сосны, является важным источником танинов, находящих широкое применение в кожевенной, текстильной, нефтяной промышленности, медицине и многих других областях. Известно [1], что в коре в сравнительно больших количествах обычно содержатся конденсированные танины (до 10...40% от массы коры), которые собственно составляют 90% от общего объема производимых коммерческих препаратов танинов (200 000 тонн/год) [1]. Такие дубильные вещества реакционно способны по отношению к формальдегиду [2]. Менее распространены в коре гидролизуемые танины, применение которых особенно актуально в кожевенной промышленности для придания продукции цвета, прозрачности и светостойкости. Более того, гидролизуемые танины могут выступать в качестве антимикробных и противовирусных препаратов [1].

Основным способом извлечения танинов из коры является экстракция. Количество получаемых танинов зависит от ботанического происхождения носителя, процесса, используемого растворителя и времени экстракции. Наиболее изученными являются экстракты, полученные при использовании следующих растворителей: горячей и холодной воды, метанола, щелочных растворов, изопропилового спирта, ацетона и пр. [1-3]. Известно, что применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) для экстракции различных веществ из растительного сырья [4] позволяет существенно повысить их извлекаемость. В литературе отсутствует систематическая информация о применении ПАВ при экстракции танинов. 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.

В качестве объекта исследования выбрана кора сосны («Florizel», г. Новосибирск). В качестве экстрагентов использовали дистиллированную воду, 1%-ый водный раствор неионогенного поверхностно-активного вещества (НПАВ) Tween-80 (полиоксиэтиленсорбитан моноолеат), 5%-ый водный раствор гидроксида натрия и спиртобензольную смесь в соотношении 1:1.

Для выделения танинов из коры использовали способ холодной экстракции в аппарате Сокслета дистиллированной водой и спирто-бензольной смесью. Перед экстракцией кору предварительно обессмоливали петролейным эфиром. Также применяли способ холодной экстракции, где в качестве растворителей использовали дистиллированную воду и водный раствор Tween-80. В данном случае сосновую кору не подвергали предварительному

обессмоливанию. Горячую и холодную экстракцию в аппарате Сокслета проводили в течение 4 часов. Водный раствор гидроксида натрия использовали для проведения высокотемпературной экстракции в автоклаве на масляной бане в течение 2 часов. После дополнительно осаждали лигнин и другие экстрактивные вещества концентрированной серной кислотой (72%).

Количественное определение танинов проводили перманганатометрическим и гравиметрическим методами. В прямом титровании перманганатом калия в качестве индикатора использовали индигосульфокислоту. Титровали до перехода окраски экстракта из темно-синего в золотисто-желтый [5]. Гравиметрический метод определения танинов заключается в высушивании экстракта с целью получения сухого остатка экстрактивных веществ. Так как в сухом остатке помимо танинов содержались другие выделенные в ходе экстракции вещества (лигнин, пентозаны, водорастворимые вещества и др.), они мешали точному определению содержания танинов, поэтому их осаждали из раствора небольшим количеством концентрированной серной кислоты (72%). Помимо потенциометрической дифференциации гидролизующих танинов от конденсированных [6] представляется возможным осаждение последних 40%-ным формалином с добавлением концентрированной соляной кислоты, что и было проведено в настоящей работе.

Результаты определения содержания танинов до и после удаления из экстрактов лигнина приведено в таблице 1.

Таблица 1 – 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

По данным перманганатометрического титрования установлено, что наибольшее содержание танинов наблюдается в экстракте, полученном в автоклаве с растворителем NaOH (5%). Содержание танинов в щелочном экстракте заметно выше, чем при водной экстракции, так как в раствор дополнительно выделились лигнин, смолистые вещества, лигнаны, флавоноиды и т. п.

Содержание танинов в растворах после экстракции спирто-бензольной смесью больше, чем в случае экстракций другими растворителями, проведенных в аппарате Сокслета. Вероятно, это связано с тем, что этанол способствовал растворению дубильных веществ, а часть лигнина, смол и жиров была удалена за счет действия бензола.

Установлено, что на выход танинов влияет добавка Tween-80. Данный неионогенный ПАВ позволяет снизить поверхностное натяжение на границе раздела фаз «кора – водный раствор» и ускорить процесс диффузии экстрагента внутрь материала и, соответственно, увеличить количество выделяемых экстрактивных веществ также за счёт солубилизации.

В случае экстракции водой обнаружено, что условия проведения процесса (холодная/горячая экстракция, наличие/отсутствие обессмоливания) не влияют на количество выделенных водорастворимых веществ. Их количество в экстрактах варьируется в пределах погрешности.

При титровании после осаждения лигнина из экстрактов установлено значительное уменьшение выхода экстрактивных веществ во всех случаях. Скорее всего, в экстрактах остались только гидролизуемые танины, которые под действием концентрированной серной 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 лигниноподобных веществ, но и конденсированных танинов.

Гравиметрический метод определения танинов является более точным методом по сравнению с перманганатометрическим. При титровании могли возникнуть погрешности в измерениях из-за того, что перманганат калия, помимо танинов, окисляет ещё и фенольные соединения, поэтому результаты могли получиться завышенными. По данным гравиметрического анализа установлено, что все экстракты имеют завышенные значения выхода экстрактивных веществ. Особенно это заметно у *раствора, полученного при варке коры в автоклаве, так как NaOH* поспособствовал выделению различных экстрактивных веществ: не только лигнина, но и липофильных и фенольных соединений; а также у *растворов, полученных экстракцией спирто-бензольной смесью и водным раствором Tween-80, так как эти растворители* способны выделять смоляные кислоты, жиры, производные лигнина.

Установлено, что после осаждения посторонних соединений, выделившихся при экстракции вместе с целевым продуктом, наибольшее содержание танинов наблюдается в экстракте, полученном с растворителем NaOH, а также при действии водного раствора *Tween-80 и спирто-бензольной смеси*.

Исходя из полученных данных выявлено, что лучшими растворителями для извлечения танинов являются NaOH (5%), спирто-бензольная смесь и водный раствор Tween-80, а методами выделения – варка в автоклаве на масляной бане и холодная экстракция в аппарате Сокслета.

Установлено, что в сосновой коре содержится относительно небольшое количество гидролизуемых танинов по сравнению с конденсированными. Выход гидролизуемых танинов из коры (%), определённый гравиметрическим методом, практически совпадает с выходом гидролизуемых танинов, определённым перманганатометрическим титрованием. Больше количество гидролизуемых танинов содержит экстракт, полученный при автоклавировании с использованием NaOH (5%) в качестве растворителя.

Список литературы

1. Evans A. V. Y., Efhamisisi D., Pizzi A. Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review// *Industrial Crops & Products*. – 2018. – Vol. 126. – Pp. 316–332.
2. Saada H., Khoukhc A., Ayeda N., Charrierb B., Charrier-El Bouhtoury F. Characterization of Tunisian Aleppo pine tannins for a potential use in wood adhesive formulation // *Industrial Crops & Products*. 2014. Vol. 61. Pp. 517–525.
3. Супырев А. А., Максимов М. В. Извлечение таннинов из отходов деревообработки и оценка возможности использования таннинов для удаления продуктов коррозии с металлических изделий // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т.17. – №15. – С. 53-54.
4. Демьянцева Е. Ю., Смит Р. А., Петрова Е. А., Якубова О. С., Диева А. Д., Барина Е. И. Исследование компонентного состава водных экстрактов из отходов переработки хвойной древесины // *Бутлеровские сообщения*. – 2022. – Т. 70. – №6. – С.81-86.
5. Орлова А. А., Повыдыш М. Н. Обзор методов качественного и количественного анализа танинов в растительном сырье // *Химия растительного сырья*. – 2019. – №4. – С. 29–45.
6. Марахова, А. И. Потенциометрия в анализе лекарственного растительного сырья и препаратов на его основе: монография / А. И. Марахова, А. А. Сорокина, А. В. Кузнецов, Я. М. Станишевский. – М.: Издательство РУДН, 2015. – 130 с.

ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF TANNINS DURING THEIR ISOLATION FROM PINE BARK WITH VARIOUS SOLVENTS

A. D. Dieva^{*}, K. A. Petrova, E. Yu. Demyantseva, R. A. Smit
*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*
**E-mail: alinaustuyg@gmail.com*

Abstract. Tannins are the main water-soluble substances of pine bark, which is a waste product of wood processing. Known methods for their isolation with subsequent differentiation into hydrolyzable and non-hydrolyzable classes have not been sufficiently studied in the context of the surfactants usage to intensify the extraction process. In the present work, investigation of tannins extraction from pine bark by different solvents (in particular in the presence of a nonionic surfactant polyoxyethylene sorbitan monooleate), determination of the optimal method for their quantitative analysis with an analysis of the ratio of the content of hydrolyzable and non-hydrolyzable tannins were carried out.

Keywords: tannins, pine bark, extraction, Tween-80.

References

1. Evans A. V. Y., Efhamisisi D., Pizzi A. Tannins as a sustainable raw material for green chemistry: A review. *Industrial Crops & Products*. 2018. Vol. 126. Pp. 316–332.
2. Saada H., Khoukhc A., Ayeda N., Charrierb B., Charrier-El Bouhtoury F. Characterization of Tunisian Aleppo pine tannins for a potential use in wood adhesive formulation. *Industrial Crops & Products*. 2014. – Vol. 61. – Pp. 517–525.
3. Supyrev A. A., Maksimov M. V. Izvlechenie tanninov iz othodov derevoobrabotki i ochenka vozmozhnosti ispol'zovaniya tanninov dlya udaleniya produktov korrozii s metallicheskih izdelij [Extraction of tannins from woodworking waste and evaluation of the possibility of using tannins to remove corrosion products from metal products]. *Bulletin of the Technological University*. – 2014. Vol. 17. – No. 15. – Pp. 53-54.
4. Elena Yu. Demyantseva, Regina A. Smit, Ekaterina A. Petrova, Olga S. Yakubova, Alina D. Dieva, Evfrosinia I. Barinova. Issledovanie komponentnogo sostava vodnyh ekstraktov iz othodov pererabotki hvojnoj drevesiny [Investigation of the component composition of aqueous extracts from coniferous wood waste]. *Butlerov Communications*. – 2022. – Vol. 70. – No.6. – P.81-86.
5. Orlova A., Povydysh M. Obzor metodov kachestvennogo i kolichestvennogo analiza taninov v rastitel'nom syr'e [Review of methods for the qualitative analysis of tannins in plant materials]. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2019. – No 4. – Pp. 29–45.
6. Marakhova A. I., Sorokina A. A., Kuznetsov A. V., Stanishevsky Ya. M. Potenciometriya v analize lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya i preparatov na ego osnove [Potentiometry in the analysis of raw medicinal plant material and its based drugs]. – Moscow, RUDN university, 2015. – 130 p.

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

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

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

**E-mail: smirnova_nasty87@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрена принципиальная возможность использования водной вытяжки коросодержащей массы, образующейся при переработке древесины в виде сточных вод, в качестве стимуляторов роста для различных культур. Предложенное технологическое решение отвечает современным требованиям повышения экологической эффективности предприятий деревообрабатывающей отрасли, способствует расширению спектра товаров, которые могут использоваться в смежных отраслях хозяйственной деятельности. В работе приведены исследования по испытанию экстрактивных веществ коросодержащей массы при различном ее разбавлении для ряда тестовых культур (клевер, овсяница луговая). Возможность данного исследования обусловлена особенностями слоя камбия древесины, который содержит все необходимые вещества для формирования высших растений и первый подвергается разрушению под действием воды и механических сил при переработке древесины на стадии отделения коры. В соответствии с этой гипотезой были проведены исследования, направленные на оценку возможности использования водной вытяжки из коры различных пород древесины в качестве стимуляторов роста. Основной целью работы было изучение влияния комплекса экстрактивных веществ коры в зависимости от кратности разбавления концентрированного коросодержащего стока, полученного при переработке древесины, на биометрические показатели выбранных тестовых культур. Установлено, что подготовленные водные экстракты обладают выраженными ростостимулирующими эффектами (достоверное увеличение длины корня на 35-40%, а ростков – более чем на 42-44%), и могут применяться в качестве стимуляторов роста при подготовке посевного материала различного назначения, не проявляя признаков токсичности.

Способ получения стимуляторов роста на основе коросодержащего потока защищен патентом.

Ключевые слова: стимуляторы роста, коросодержащий сток, токсичность, рекультивация земель, полигоны ТБО.

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. Как показывает практика экспертной деятельности, значительная часть объектов в виде полигонов, которые в настоящее время идут на рекультивацию по программе «Экология», направление «Чистая страна», длительный период эксплуатировались без разработанной технической документации [1] с нарушением требований эксплуатации и режимов выхода на рекультивацию.

Сегодня процесс организации полигонов регламентируется постановлением правительства РФ [2], сводом правил СП 320.1325800.2017, для реализации процессов

эксплуатации и рекультивации используют материалы информационно-технического справочника (ИТС 17-2016), в котором приведены наилучшие доступные технологии (НДТ) в этой сфере деятельности.

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.

Рекультивацию полигонов принято проводить в 2 этапа. Технический этап предполагает выбор и обоснование конкретных технических решений из перечня НДТ на основе комплекса результатов инженерных изысканий, которые проводятся специализированными аккредитованными организациями. Технический этап – самый трудоемкий и дорогой в процессе рекультивации. Биологический этап – завершающий этап рекультивации территории, в который входит комплекс агротехнических, ландшафтных, мелиорационных мероприятий, направленных на восстановление функции территории. При проведении биологической рекультивации используется ассортимент видов растений, рекомендованный специалистами для конкретного региона. Первым этапом биологической рекультивации является выращивание предварительной культуры, адаптированной 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.

Предприятия ЦБП являются потенциальными обладателями сырья для производства 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. При механическом воздействии на отделённую 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.

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

оригинальных стимуляторов роста [3], которые потенциально могут быть использованы для биологической рекультивации, является оценка их токсичного воздействия по отношению к зоо- и фитопланктону и сравнение ростостимулирующей активности этих реагентов по развитию корневой системы высших растений, которые используются для биологической рекультивации.

В данной работе использовался реагент, полученный на основе запатентованного способа [3] приготовления стимуляторов роста из водной вытяжки коросодержащей массы. Основные характеристики рабочего раствора стимулятора роста модификации М₄₀₀ с длительным сроком хранения более 400 суток определялись по стандартным методикам, которые приняты в практике контроля за производственными средами и используются в аккредитованных лабораториях: ХПК 316 мгО₂/дм³, БПК 158 мгО₂/дм³, рН рабочего раствора – 6.9, насыщенность кислородом – 6.9 О₂/дм³, зольность – 0.06 мас.%, цветность – 665⁰КПШ. Анализ цветности проводили спектрофотометрическим методом (СФ-46М) и с помощью фотоэлектроколориметра ИПС-03, полученные результаты анализа позволили адаптировать методику по определению токсичности по отношению к объектам *Chlorella vulgaris* Beijer [4] для этих приборов. На основе полученных результатов был определен диапазон кратности разбавления рабочего раствора М₄₀₀, который укладывается в гигиенические нормативы.

Изучение токсичности стимуляторов роста проводили методом биотестирования на основе методики [5], основанной на определении смертности и изменений в плодовитости рачков *Daphnia magna* Straus. Биотестирование сегодня довольно активно используется в исследовательской практике для оценки токсичности водных объектов и водных вытяжек из отходов производства [6].

Для оценки ростостимулирующей активности использовали клевер красный, партия 506, и овсяницу луговую (ГОСТ Р 523225- 2005). Исследования проводились согласно методике [7].

На первом этапе работы были установлены необходимые кратности разбавления водных растворов стимулятора роста М₄₀₀. С помощью многоцветного культиватора КВМ-05 получали результаты для оценки качества роста водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer. Прибор позволил минимизировать систематическую погрешность исследования за счет соблюдения одинаковых и контролируемых условий процесса: температура среды 36 °С, средняя интенсивность света 60 Вт/м², снабжение СО₂, равномерное перемешивание при одновременном выращивании 24 проб культуры водорослей. За период проведения исследования (22 часа) отмечалось значительное увеличение оптической плотности исследованных систем. За обозначенный промежуток времени действие раствора стимулятора роста М₄₀₀ отобразилось на пяти поколениях выбранных объектов.

Полученные экспериментальные данные соответствовали гигиеническому нормативу $-30\% < I < +20\%$, излишний прирост или угнетение простейших не были зафиксированы при всех исследованных кратностях разбавления в диапазоне от 0 до 81. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что растворы стимулятора роста М₄₀₀ укладываются в диапазон гигиенического норматива, и его воздействие не оказывает отрицательного влияния на выбранный объект окружающей среды. Исследованные растворы можно рассматривать как субстраты для получения биомассы *Chlorella vulgaris* Beijer. В последнее время к одноклеточным фотосинтезирующим организмам возникает практический интерес, связанный с потенциальными возможностями их использования, как продуцентов ценных метаболитов, витаминов и ряда других органических соединений, которые сегодня востребованы [8].

Следующим этапом исследования являлось определение острой токсичности без разбавления пробы. При биотестировании на острую токсичность модификации стимуляторов роста М₄₀₀ использовали синхронизированную культуру *Daphnia magna*, полученную от одной особи путем ациклического партеногенеза в третьем поколении. Таким образом, была получена генетически однородная культура с близкими характеристиками устойчивости к токсичным веществам. Для отбора одновозрастных *Daphnia magna*

использовали фильтрацию через комплект сит: для взрослых тест-объектов – сито с размером ячеек 1000-2200 мкм, для мелких – 450-560 мкм. Молоди к биотестированию не допускались.

Объекты исследования *Daphnia magna* кормили комбинированным дрожжево-водорослевым питанием с использованием *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Selenastrum*. Режим питания и питательные растворы готовили согласно методике [5].

На достоверность полученных результатов оказывает существенное влияние режим кормления тест-объектов: избыточное кормление приводит к снижению чувствительности и уменьшает концентрацию растворенного кислорода; недостаток питательных компонентов приводит к неадекватной реакции организма на исследуемый новый реагент.

Исследование острой токсичности M_{400} на основе коросодержащего потока проводили при концентрации исходной исследуемой водной вытяжки от 1 до 100%. С начала опыта учет смертности оценивали через час в течение 12 часов, в последующие дни – 2 раза в сутки. Если особь не двигалась в течение 15 секунд после покачивания стакана, она оценивалась как погибшая.

Хроническую токсичность проверяли на серии разбавлений, которые не вызвали острого токсического действия. Продолжительность хронического эксперимента составляла 10 суток. Учет смертности и родившейся молоди в опыте и контроле проводили один раз в сутки ежедневно. Как правило, этот эксперимент имеет продолжительность 24 суток, поэтому последние данные являются промежуточными и требуют дополнительного исследования.

На основе полученных результатов были построены зависимости острой и хронической токсичности по выживаемости исследуемых тест-объектов от времени воздействия при различных разбавлениях рабочего раствора M_{400} . В качестве примера на рис. 1 приведены зависимости острой (1) и хронической (2) токсичности при соответствующей выживаемости тест-объектов при концентрации (%) исходного раствора M_{400} соответственно 100 и 50.

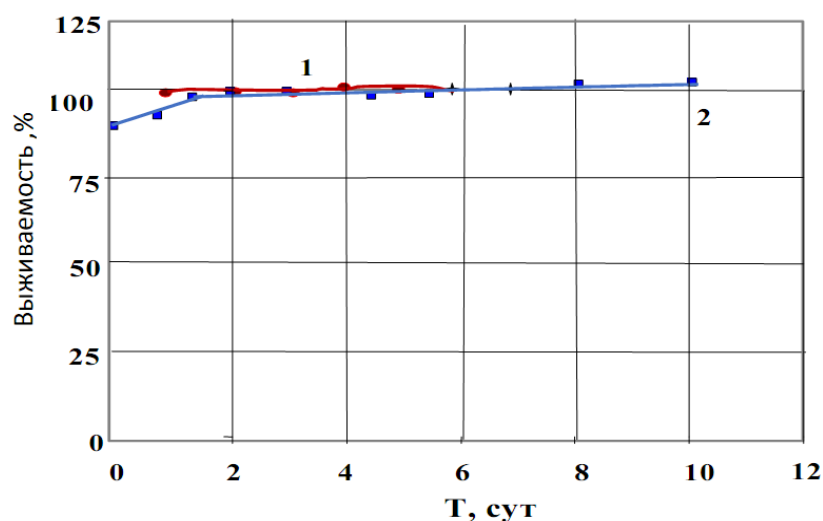


Рисунок 1 – Зависимость выживаемости тест-объектов от времени воздействия при оценке острой (1) и хронической (2) токсичности стимулятора роста M_{400}

Исследования ростостимулирующей активности M_{400} на овсянице и клевере показали существенный прирост биомассы растений (более чем на 35 – 42 %) по сравнению с контрольными образцами, что еще раз свидетельствует о благоприятном влиянии этой модификации стимуляторов роста для высших растений [5], 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.

Таким образом, специально подготовленные водные экстракты из коры при переработке древесины даже после длительного хранения в виде модификации M₄₀₀ могут быть использованы для обработки семян, которые применяются на стадии биологической рекультивации ТБО и для восстановления продуктивности нарушенного почвогрунта.

Установлено, что исследованные водные растворы стимуляторов роста не обладают фито- и зоотоксичностью и могут быть безопасно использованы для ускорения периода биологической рекультивации. Информация об отсутствии острой и хронической токсичности на тест-объекты *Daphnia magna Straus* семейства *Daphniidae* позволяет сделать вывод, что исследованная модификация стимулятора роста M₄₀₀ может быть охарактеризована как продукт, не несущий нагрузку на экосистему. На примере клевера и овсяницы, которые широко распространены в практике биологической рекультивации полигонов ТКО, показано, что при обработке посевного материала отмечается существенный прирост биомассы растений в сравнении с контрольными образцами. Показан на качественном уровне позитивный эффект активного развития биомассы высших растений на примере клевера и овсяницы, которые широко распространены в практике биологической рекультивации полигонов ТБО.

Список литературы

1. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов // Постановление Минстроя России от 05.11.1996.
2. Дегтярева И. А. Создание и применение биоудобрения на основе эффективного консорциума микроорганизмов – деструкторов углеводов для рекультивации нефтезагрязненных почв Республики Татарстан // Нефтяное хозяйство. – 2017.– № 5. – С. 100-103.
3. Патент РФ 2734634 С1 МПК C05F11/00 A01N65/06. Способ получения стимуляторов роста из водной вытяжки коросодержащей массы / Дягилева А. Б., Смирнова А. И., Михайлова С. Б., Дягилева Д. В.; патентообладатель: Дягилева А. Б. Заявлено 17.06.2019; опубл. 21.10.2020. – Бюл. № 30. – 7 с.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика измерений оптической плотности культуры водоросли хлорелла для определения токсичности питьевых, пресных природных и сточных вод, водных вытяжек из грунтов, почв, осадков сточных вод, отходов производства и потребления. – Москва: Стандартинформ, 2018. – IV. 7.
5. ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитостей дафний.
6. Олькова А. С., Фокина А. И. *Daphnia magna Straus* в биотестировании природных и техногенных сред // Успехи современной биологии. – 2015. – Т. 135. – № 4. – С. 380-389.
7. ГОСТ 12038-84 1986-07-01 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Текст: электронный // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации (сайт). - 2003. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200023365> (дата обращения 20.04.2019).
8. Лукьянов В. А., Стифеев А. И., Горбунова С. Ю. Микроводоросль *Chlorellavulgaris* Beijer – высокопродуктивный штамм для сельского хозяйства // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 13. С. 1576–1580. URL: <http://e-koncept.ru/2015/85316.htm> (дата обращения 25.10.2022).

THE POTENTIAL POSSIBILITY OF USING WASTE WATER FROM THE WOOD PREPARATION WORKSHOP IN THE BIOLOGICAL CYCLE OF LANDFILL REMEDIATION

A. B. Dyagileva, A. I. Smirnova*, D. I. Mazurik

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: smirnova_nasty87@mail.ru*

Abstract. The principal possibility of using an aqueous extract of a bark-containing mass formed during the processing of wood in the form of wastewater as growth stimulators for various crops is considered. The proposed technological solution meets the modern requirements of improving the environmental efficiency of enterprises in the woodworking industry, contributes to the expansion of the range of goods that can be used in related industries. The paper presents studies on the testing of extractive substances of the bark-containing mass with its various dilution for a number of test crops (clover, meadow fescue). The possibility of this study is due to the peculiarities of the cambium layer of wood, which contains all the necessary substances for the formation of higher plants and the first one is destroyed by water and mechanical forces during wood processing at the stage of bark separation. In connection with this hypothesis, studies have been conducted to assess the possibility of using water extracts from the bark of various wood species as growth stimulants. The main purpose of the work was to study the effect of a complex of extractive substances of bark, depending on the multiplicity of dilution of concentrated bark-containing runoff obtained during wood processing, on the biometric indicators of selected test crops. It was found that the prepared aqueous extracts have pronounced growth-stimulating effects (a significant increase in root length by 35-40%, and sprouts - by more than 42-44%) and can be used as growth stimulants in the preparation of seed for various purposes.

A method for producing growth stimulants based on a bark-containing stream is protected by a patent.

Keywords: growth stimulants, bark-containing runoff, toxicity, land reclamation, landfills.

References

1. Instructions for the design, operation and reclamation of landfills for solid household waste. Resolution of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated 05.11.1996.
2. Degtyareva I. A. Creation and application of biofertilizer based on an effective consortium of microorganisms-destroyers of hydrocarbons for recultivation of oil-contaminated soils of the Republic of Tatarstan // *Oil economy*. – 2017. – № 5. pp. 100-103.
3. Patent for invention 2734634 C1.
4. Patent No. 2734634 EN.
5. HDPE F T 14.1:2:3:4.10-04. Toxicological control methods. The method of measuring the optical density of chlorella algae culture for determining the toxicity of drinking, fresh natural and wastewater, water extracts from soils, soils, sewage sludge, production and consumption waste. Moscow: Standartinform. 2018. — IV. 7.
6. FR.1.39.2007.03222 "Method of waters determination of toxicity of water and water extracts from soils, sewage sludge, waste by mortality and change in fertility of daphne".
7. Olkova A. S., Fokina A. I. *Daphnia magna* Straus in the testing of natural and man-made environments// *Uspekhi sovremennoi biologii*, 2015. – Vol. 135. –№. 4. –Pp. 380-389.
8. GOST 12038-84 1986-07-01 Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. Text: electronic // Electronic Fund of legal and regulatory and technical documentation (website). 2003. – URL: <http://docs.cntd.ru/document / 1200023365> (accessed 20.04.2019).
9. GOST 12038-84 1986-07-01 Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination. Text: electronic // Electronic Fund of legal and regulatory and technical documentation (website). 2003. – URL: <http://docs.cntd.ru/document / 1200023365> (accessed 20.04.2019).

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗМАЛЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. В. Каплёв*, Л. В. Юртаева, Д. Ю. Васильева, Ю. Д. Алашкевич

Сибирский государственный университет науки и технологий

имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

**E-mail: kaplyov2017@mail.ru*

Аннотация. Несмотря на огромное количество исследований, проведенных в последние десятилетия, порошковые целлюлозные материалы все еще остаются одними из самых перспективных материалов XXI века. Проводимые в настоящее время исследования наряду с тенденциями к созданию экологически безопасных технологий, основанных на использовании сырья растительного происхождения, увеличивают интерес к порошковой целлюлозе и продуктам ее модифицирования, демонстрируя расширение областей применения этих материалов в будущем. В статье рассмотрены способы получения порошковой целлюлозы. Построены мультифизические модели течения волокнистой суспензии в безножевой размалывающей установке типа «струя-преграда». Проанализирована величина степени полимеризации целлюлозы, предварительно прошедшей стадию размола, при разной степени помола по Шоппер-Риглеру.

Ключевые слова: размол, гидролиз, безножевая размалывающая установка типа «струя-преграда», порошковая целлюлоза, степень полимеризации.

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 [1]. 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 % [2];

- 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) [3-6].

ПЦ обладает некоторыми исключительными свойствами, отличающими ее от волокнистой целлюлозы, например, чрезвычайно высокая твердость спрессованного материала, его негорючесть, высокая гелеобразующая способность некоторых видов порошкообразной целлюлозы, повышение или понижение степени кристалличности, значительное, как правило, увеличение удельной поверхности, изменение реакционной способности ее гидроксильных групп, стабильность гликозидной связи. 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 [7].

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 (рис. 1).



Рисунок 1 – Схема получения порошковой целлюлозы

В ходе получения образуются порошки, различающиеся морфологической структурой, степенью кристалличности, степенью полимеризации и другими характеристиками, что определяет в конечном счете их макроскопические свойства, область применения и свойства готовой продукции [8, 9]. Несмотря на многообразие способов получения ПЦ [3-6], наиболее популярным до сих пор остается химический способ, суть которого заключается в воздействии различных концентрированных неорганических кислот на целлюлозный материал [3]. 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

размоле 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» (рис. 2), 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° [10-12].

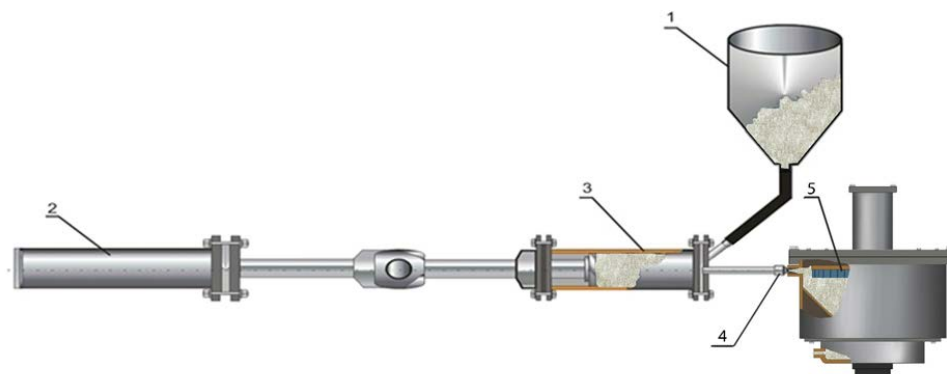


Рисунок 2 – Безножевая размольная установка типа «струя-преграда»: 1 – емкость, 2 – приводной цилиндр, 3 – рабочий цилиндр, 4 – насадка, 5 – подвижная преграда

В установках данного типа разработка волокнистой суспензии происходит за счет:

- удара струи суспензии о преграду при истечении ее из насадки;
- кавитационного эффекта при течении жидкости по преграде [11].

Явление кавитации заключается в образовании разрывов сплошности в некоторых участках потока движущейся капельной жидкости. Разрывы возникают в тех участках потока, где в результате перераспределения давления, обусловленного движением жидкости, происходит значительное местное понижение давления. Для размола волокнистой суспензии этот эффект является позитивным, так как волокна за счет кавитационного воздействия подвергаются преимущественному расщеплению (фибрилляции) вдоль их оси, в результате повышаются физико-механические свойства. Установлено, что для увеличения воздействия этого эффекта необходимо учитывать не только скорость истечения струи суспензии из насадки на преграду, расстояние от насадки до преграды, диаметр насадки, но и количество лопаток на подвижной преграде [13]. 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» (рис. 3).

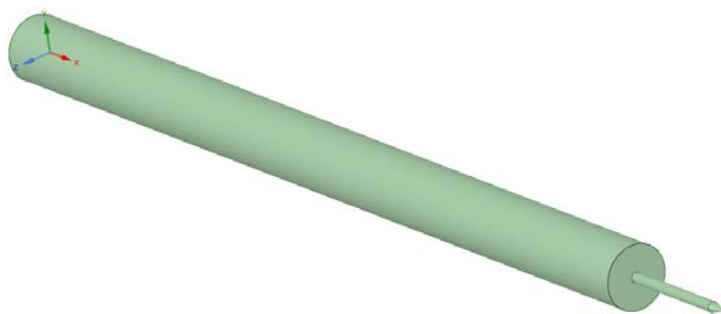


Рисунок 3 – Твёрдотельная расчетная модель установки типа «струя-преграда»

Анализ моделей распределения скорости движения потока волокнистой суспензии внутри установки (рис. 4) показал, что при переходе суспензии из гидроцилиндра в удлинитель происходит внезапное сужение потока, создаются пространства с завихрениями вращающейся жидкости, которые образуются в пристеночном пространстве гидроцилиндра.

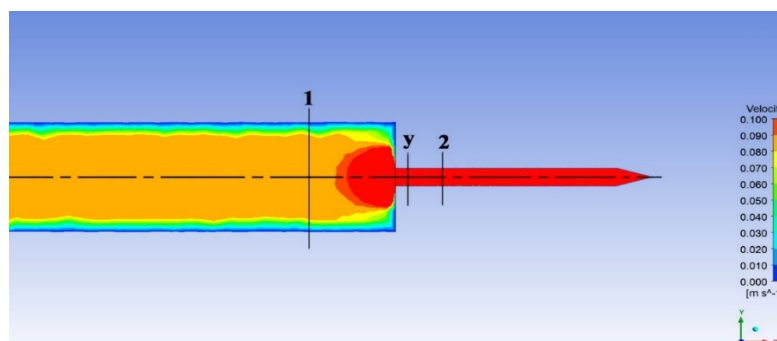


Рисунок 4 – Распределение скорости потока волокнистой суспензии в установке типа «струя–преграда»

Эти завихрения образуются в начале удлинителя за счёт того, что при входе в него жидкость продолжает некоторое время двигаться по инерции в направлении центра удлинителя, и основное русло потока ещё некоторое время продолжает сужаться. Т. е. при внезапном сужении потока возникает как бы два подряд идущих местных сопротивления. Местное сопротивление за счёт сужения основного русла и сразу же за ним – местное расширение, что приводит к образованию пузырьков. С учётом этого потери напора при внезапном сужении примут вид:

$$\Delta h = \varepsilon \cdot \frac{V_y^2}{2g} + \frac{(V_y + V_2)^2}{2g},$$

где ε – коэффициент местного сопротивления за счёт сужения потока, V_y – средняя скорость потока в самом узком месте основного русла (в сечении y), V_2 – средняя скорость потока в сечении 2, g – ускорение свободного падения.

После удлинителя волокнистая суспензия подается через насадку на преграду. При взаимодействии струи с подвижной преградой на поверхности раздела двух сред возникают волны сжатия и образуются местные чередующиеся высокие ударные давления, воздействующие в очень короткий период, которые обуславливают возникновение кавитации. В результате удара о твердую поверхность лопаток происходит схлопывание пузырька и развиваются значительные давления. Импульс сил этих давлений и разрушает волокна, находящиеся в слое жидкости вблизи с поверхностью преграды.

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 [14].

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.

Список литературы

1. Момзякова К. С. Совершенствование технологии получения целлюлозы из травянистых растений: дис.... к.т.н. – Казань, 2021. – 150 с.
2. Осовская И. И. Комплексное использование древесины: природные и химические волокна: учебное пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 96 с.
3. Патент 2478664 С2 Российская Федерация. Способ получения порошковой целлюлозы / Фролова С.В.; заявл. 16.05.2011; опубл. 10.04.2013. – 8 с.
4. Патент 2068419 С1 Российская Федерация. Способ получения порошковой целлюлозы / Куничан В.А.; заявл. 07.12.1992; опубл. 27.10.1996. – 4 с.
5. Патент 2192432 С1 Российская Федерация. Способ получения порошковой целлюлозы / Хакимова Ф. Х.; заявл. 23.07.2001; опубл. 10.11.2002. – 6 с.
6. Патент 215241 С1 Российская Федерация. Способ получения порошковой целлюлозы / Светлов С.А.; заявл. 25.02.1999; опубл. 10.07.2000. – 6 с.
7. Топтунов, Е. А. Порошковые целлюлозные материалы: обзор, классификация, характеристики и области применения / Е. А. Топтунов, Ю. В. Севастьянова // Химия растительного сырья. – 2021. – № 4. – С. 31-45. – DOI 10.14258/jcprm.2021049186.
8. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3 т. – СПб.: Политехника, 2012. – Т. III, ч. 3. – 294 с.
9. Мелех Н. В., Алешина Л. А. Структура порошковой целлюлозы II // Химия растительного сырья. – 2010. – №3. – С. 191–192.
10. Алашкевич Ю. Д. Исследование гидродинамических явлений в процессе размола волокон в ножевых размалывающих машинах: дис. к.т.н. – Ленинград, 1970. – 143 с.
11. Кутовая Л. В. Комплексный параметр процесса обработки волокнистых суспензий безножевым способом в установке типа «струя-преграда»: дис.... к.т.н. – Красноярск, 1998. – 150 с.
12. Марченко Р. А. Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажном производстве: дис. к.т.н. – Красноярск, 2016. – 117 с.
13. Алашкевич Ю. Д., Марченко Р. А., Решетова Н. С. Процесс безножевой обработки волокнистой суспензии в установке «струя-преграда» // Химия растительного сырья. – 2009.– № 2. – С. 157–163.
14. Оболенская, А. В. Практические работы по химии древесины и целлюлозы // А. В. Оболенская, В. П. Щеголев, Г. Л. Аким и др. – М.: Лесн. пром-ть, 1985. – 412 с.

A METHOD FOR PRODUCING POWDERED CELLULOSE USING GRINDING EQUIPMENT

E.V. Kaplyov*, L. V. Yurtaeva, D. Yu. Vasilyeva, Yu. D. Alashkevich
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk

**E-mail: kaplyov2017@mail.ru*

Abstract. Despite the huge amount of research conducted in recent decades, powdered cellulose materials still remain one of the most promising materials of the XXI century. Current research, along with trends towards the creation of environmentally friendly technologies based on the use of raw materials of plant origin, are increasing interest in powdered cellulose and its modification products, demonstrating the expansion of the fields of application of these materials in the future. The article discusses the methods of obtaining powdered cellulose. Multiphysical models of the flow of a fibrous suspension in a knife-less grinding plant of the "jet-barrier" type are constructed. The value of the degree of polymerization of cellulose that has previously passed the grinding stage, with different degrees of grinding according to the Shopper-Rigler, is analyzed.

Keywords: grinding, hydrolysis, knife-free grinding plant of the "jet-barrier" type, powdered cellulose, degree of polymerization.

References

1. Momzyakova K. S. Improving the technology of obtaining cellulose from herbaceous plants. dis. Candidate of Technical Sciences – Kazan, 2021. – 150 p.
2. Osovskaya I.I. Complex use of wood: natural and chemical fibers: textbook/SPbGTURP. – St. Petersburg, 2015. – 96 p.
3. Patent 2478664 C2 Russian Federation. Method of obtaining powdered cellulose / Frolova Svetlana Valeryevna; application 16.05.2011; publ. 10.04.2013. 8 p.
4. Patent 2068419 C1 Russian Federation. A method for obtaining powdered cellulose / Kunichan Vladimir Alexandrovich; application 07.12.1992; publ. 27.10.1996. 4 p
5. Patent 2192432 C1 Russian Federation. Method of obtaining powdered cellulose / Khakimova F.H.; application 23.07.2001; publ. 10.11.2002. 6 p
6. Patent 215241 C1 Russian Federation. A method for obtaining powdered cellulose / Svetlov S.A.; application 25.02.1999; publ. 10.07.2000. 6 p.
7. Toptunov, E. A. Powdered cellulose materials: review, classification, characteristics and applications / E. A. Toptunov, Yu. V. Sevastyanova // Chemistry of vegetable raw materials. – 2021. – No. 4. – pp. 31-45. – DOI 10.14258/jcprm.2021049186.
8. Technology of pulp and paper production: in 3 volumes. - St. Petersburg: Polytechnic, 2012. – Vol. III, part 3. – 294 p.
9. Melekh N. V., Alyoshina L. A. Structure of powdered cellulose II // Chemistry of vegetable raw materials. – 2010. – № 3. – Pp. 191-192.
10. Alashkevich Yu. D. Investigation of hydrodynamic phenomena in the process of grinding fibers in knife grinding machines: dis. Candidate of Technical Sciences - Leningrad, 1970. – 143 p.
11. Kutovaya L. V. Complex parameter of the process of processing fibrous suspensions by a non-knife method in a "jet-barrier" type installation: dis. Candidate of Technical Sciences – Krasnoyarsk, 1998. – 150 p.
12. Marchenko R. A. Intensification of knife-free grinding of fibrous semi-finished products in pulp and paper production: dis. Candidate of Technical Sciences. – Krasnoyarsk, 2016. – 117 p.
13. Alashkevich Yu. D., Marchenko R. A., Reshetova N. S. The process of knife-free processing of fibrous suspension in the "jet-barrier" installation // Chemistry of vegetable raw materials. – Barnaul, 2009. – № 2. – Pp. 157-163.
14. Obolenskaya A. V. Practical work on the chemistry of wood and cellulose // V. P. Shchegolev, G. L. Akim et al. - M.: Lesn. prom-t, 1985 – 412 p.

РАЗМОЛ МАССЫ ВЫСОКОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЦБП

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

Аннотация. В настоящее время вопрос сокращения лесного покрова стоит очень остро. Одним из источников активного потребления древесного сырья является целлюлозно-бумажная промышленность. В связи с этим становится актуальным вопрос о поиске альтернативных источников сырья. Таким источником могут стать однолетние растения, например, техническая конопля. В статье рассматриваются перспективы использования однолетних растений для производства бумажной продукции.

Ключевые слова: массный размол, масса высокой концентрации, однолетние растения, целлюлозно-бумажная промышленность.

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 (солоты злаков, кукурузы, тростника, багассы, бамбука, трав альфы и эспарто и др.), лубяные волокна однолетних растений (лен, конопля, джут, рами, кенаф, гампи, митсумата и кодзу) [2].

Потребность в целлюлозе в настоящее время в стране может быть оценена величиной 15-20 млн т в год. Производство же целлюлозы составляет порядка 7-9 млн т., причем получают ее по экологически грязным (сульфатной, сульфитной) технологиям. Основные стадии получения целлюлозы состоят в проведении процесса варки материалов, содержащих целлюлозу и последующую обработку целлюлозной массы при помощи отбелки.

Основные обвинения, предъявляемые бумажной индустрии: вырубка лесов, крупными производителями целлюлозы, необратимо нарушающая экосистему леса; загрязнение водного бассейна средствами, необходимыми для отбеливания целлюлозных волокон (такими как хлор и его соединения); загрязнение окружающей среды сернистыми выбросами; невозможность создания замкнутой системы водопользования (из-за присутствия серы). Вместе с тем потребность в бумаге кажется бесконечной, а ее потребление растет ежегодно. Следовательно, нужно найти альтернативу при производстве бумаги [6].

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, следовательно, они являются более дешевым источником целлюлозы, в том числе в плане меньшей энергозатратности получения [4].

Наиболее перспективным растительным сырьем, на наш взгляд, является техническая конопля.

Выращивание промышленных посевов технической конопли обладает высокой рентабельностью выращивания и переработки. Конопля с одного гектара земли, в частности, непригодной для ведения сельского хозяйства, может дать около 6 тонн целлюлозы в год, что в несколько раз больше годового прироста леса с гектара. Достоинствами культивирования конопли является возможность получения большого количества конопляного сырья за значительно меньший (4 месяца) промежуток времени по сравнению с древесным (50 лет). Расчеты показывают, что стоимость волокна конопли в 1,5-2 раза ниже цены хлопка [1].

Конопля – однолетнее растение, её стебель может достигать 5-7 м высоты (обычно 2-4 метра), а толщина стебля у основания от 3,5 до 15 мм. Вегетационный период конопли – от 80 до 160 дней [5].

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, из-за высокой цены на конопляную целлюлозу. Специальная бумага также включает бумагу для чайных пакетиков, фильтры для кофе, специальные нетканые материалы, жиронепроницаемую бумагу, углеродные салфетки и уплотняющие салфетки [3].

Потенциальные потребности целлюлозного сырья на основе конопли в стране оцениваются от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч тонн в год [1].

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 размола. В связи с этим разрабатываемая установка для размола конопли высокой концентрации должна обеспечивать регулирование частоты вращения ротора, зазора между ножами ротора и статора, а также регулирование скорости вращения подающего шнека.

На кафедре МАПТ СибГУ им. М. Ф. Решетнева проводятся исследования по размолу технической конопли на лабораторной дисковой мельнице.

Дисковая мельница позволяет работать с массой высокой концентрации в пределах 10-20 %. Подача полуфабриката в зону размола осуществляется с помощью шнекового питателя. Установка позволяет регулировать межножевой зазор, частоту вращения шнека и ротора.

Размолу подвергалась техническая конопля с начальной степенью помола 7 °ШР. Эксперимент проводился при частоте вращения ротора 2000 об/мин, межножевом зазоре 1,5 мм и концентрации волокнистой массы 10 %. Подача волокнистой массы в зону размола осуществлялась шнековым питателем при частоте вращения шнека 60 об/мин.

Для оценки влияния времени размола в дисковой мельнице определялся прирост степени помола в течение времени размола. Сравнение степени помола от времени размола проводилось при степенях помола массы 30, 45, 60 °ШР.

В таблице 1 представлены отдельные технические характеристики используемой гарнитуры, такие как: диаметр гарнитуры, секундная режущая длина, ширина ножа и канавки, высота ножей, высота ножей.

Таблица 1 – Технические характеристики гарнитуры

Диаметр гарнитуры, мм	Секундная режущая длина, м/с	Ширина		Высота ножей h, мм	Отношение, h/b
		Ножа, b	Канавки, c		
200	33177	6	7	7	0,85

Полученные результаты сравниваются с результатами размола сульфатной беленой целлюлозы из лиственных пород древесины. Размол лиственной целлюлозы массы проводился при аналогичных условиях [7].

На рисунке 1 представлена зависимость степени помола волокнистой массы из технической конопли и массы, полученной из древесины. График позволяет оценить время обработки волокнистой массы до определенной степени помола для различного сырья.

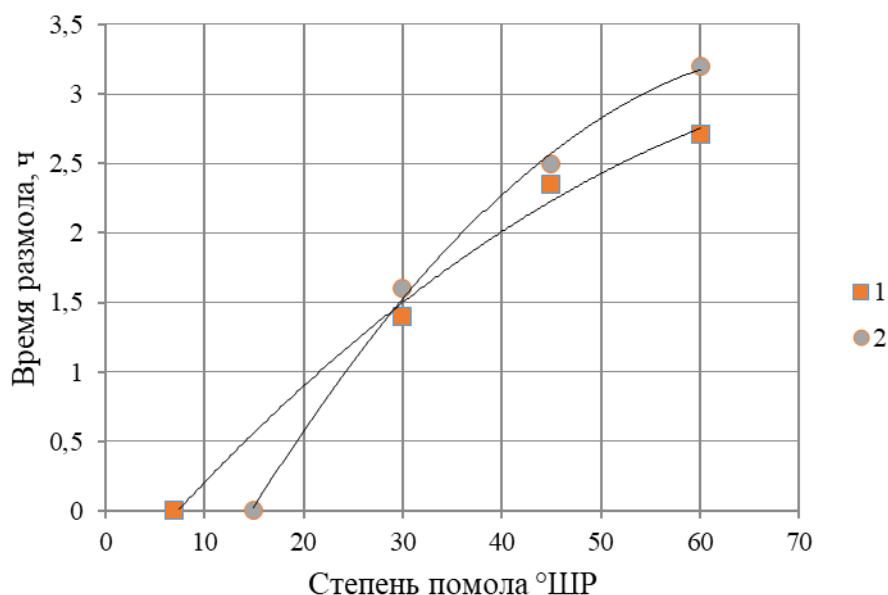


Рисунок 1 – График зависимости степени помола от времени размола:
1 – волокнистая масса из технической конопли; 2 – волокнистая масса из сульфатной беленой лиственной целлюлозы

Зависимость степени помола от времени для технической конопли и лиственной целлюлозы по качественным зависимостям близки друг к другу. Вместе с тем количественные зависимости имеют отличия, в частности, прирост степени помола при получении 60 °ШР требует меньшего времени размола в отличие от лиственной целлюлозы, несмотря на разницу начальной степени помола, составляющую 7 °ШР у технической конопли и 15 °ШР у лиственной целлюлозы.

Исследованы отдельные физико-механические характеристики отливок из различных полуфабрикатов. В частности, разрывная длина и сопротивление продавливанию.

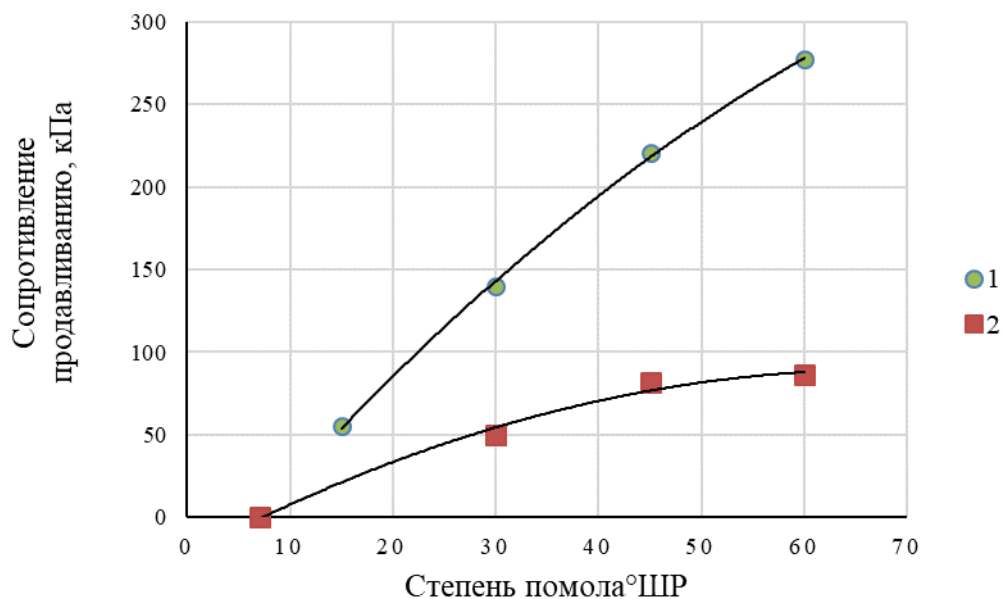


Рисунок 2 – Зависимость сопротивления продавливанию от степени помола:
 1 – волокнистая масса из сульфатной беленой лиственной целлюлозы; 2 – волокнистая масса из технической конопли

На рисунке 2 представлена зависимость сопротивления продавливанию от степени помола до 60 °ШР при размоле полуфабрикатов из технической конопли и лиственной целлюлозы. Как видно из рисунка, в обоих случаях графические зависимости представляют собой параболы, отличающиеся количественно. Так, для технической конопли при размоле до 60 °ШР значения сопротивления продавливанию составляет 86 кПа. Для лиственной целлюлозы значение составляет 277 кПа.

На рисунке 3 показана зависимость разрывной длины от степени помола как для технической конопли, так и для лиственной целлюлозы.

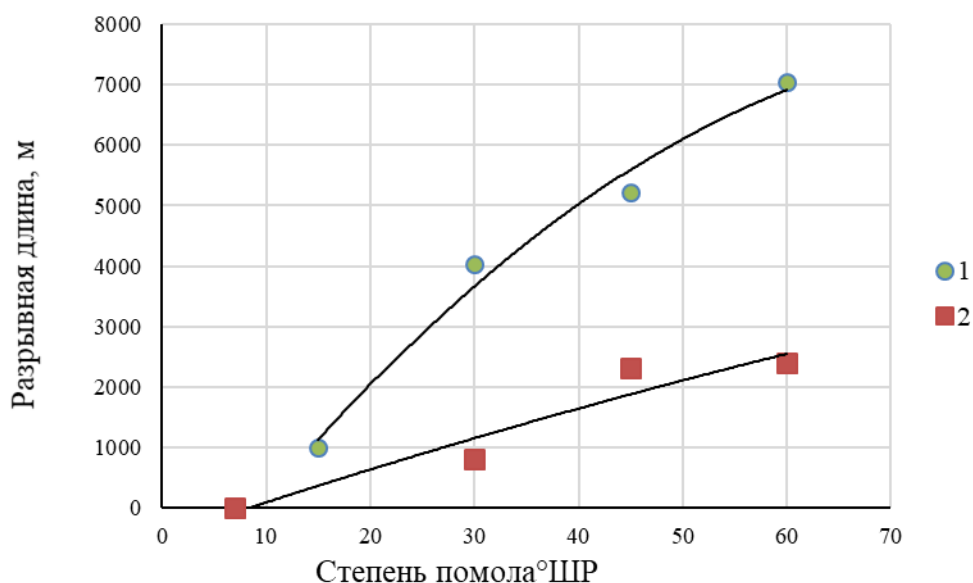


Рисунок 3 – Зависимость разрывной длины от степени помола:
 1 – волокнистая масса из сульфатной беленой лиственной целлюлозы;
 2 – волокнистая масса из технической конопли

Как видно на рисунке, зависимости имеют различия как в качественных, так и в количественных значениях. Так, при размоле технической конопли зависимость носит качественные значения, близкие к линейной зависимости. Для лиственной целлюлозы зависимости носят параболический характер. Отличаются и количественные зависимости. Так, для технической конопли максимальные значения разрывной длины составляют 2500 м при обработке до 60°ШР. Для лиственной целлюлозы разрывная длина составляет 7036 м.

Таким образом, физико-механические характеристики для использования лиственной целлюлозы имеют более высокие показатели, чем при использовании технической конопли. Это можно объяснить тем, что исследуемая лиственная целлюлоза использовалась после варки (химической обработки). Что касается технической конопли, то она не подвергалась химической обработке.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Время обработки технической конопли до определенной степени помола значительно сокращается по сравнению с размолем лиственной целлюлозы, что позволяет за счет этого повысить производительность размольной установки, а, следовательно, снизить энергозатраты.

2. Физико-механические характеристики готовых изделий (разрывная длина, сопротивление продавливанию) имеют более высокие показатели при использовании лиственной целлюлозы. Это можно объяснить химической обработкой лиственной целлюлозы при ее варке.

3. Положительными особенностями использования технической конопли является возможность использования из нее готовой продукции без химической обработки, что значительно улучшает экологию при получении готовой продукции. Вместе с тем готовая продукция из технической конопли может быть использована в целлюлозно-бумажной промышленности для определенных видов бумаги, например, оберточной, с учетом вышеуказанных положительных особенностей технической конопли.

Список литературы

1. Валишина, З. Т. Целлюлоза на основе альтернативных источников отечественного сырья: целлюлоза из пенькового волокна / З. Т. Валишина, А. А. Александров, Е. Л. Матухин [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 2. – С. 259-262.
2. Денисова, М. Н. Фундаментальные свойства волокнистых полуфабрикатов – образцов гидротропной целлюлозы из недревесного сырья / М. Н. Денисова, В. В. Будаева, И. Н. Павлов [и др.] // Биотехнология и общество в XXI / Алтайский государственный университет. – 2015. – С. 154-157.
3. Дубровин, М. С. Применение технической конопли в производстве широкого спектра продукции различного назначения / М. С. Дубровин // International Agricultural Journal. – 2022. – Т. 65. – № 2. – DOI 10.55186/25876740_2022_6_2_30.
4. Душанова, Г. А. Использование однолетних растений для производства целлюлозы и методы делигнификация недревесного растительного сырья / Г. А. Душанова, М. Саддинова // World science: problems and innovations. – Наука и Просвещение. – 2018. – С. 54-56.
5. Мезенцев, И. С. Перспективы использования технической конопли / И. С. Мезенцев, И. В. Красина, А. С. Парсанов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности / РГУ им. А. Н. Косыгина. – 2021. – С. 173-176.
6. Труберг, А. А. Пути решения экологических проблем целлюлознобумажных предприятий / А. А. Труберг, О. В. Кабанов, О. В. Кацерева [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. – 2010. – Т. 24. – № 2(107). – С. 40-44.
7. Ушаков А. В. Влияние концентрации волокнистой массы на время размола / А. В. Ушаков, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов, К. А. Хохлов // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения / СибГУ им. ак. М. Ф. Решетнева. – 2022. – С. 411-413.

REFINING MASS OF HIGH CONSISTENCY FROM PLANT RAW MATERIAL IN PULP AND PAPER INDUSTRY

A. A. Karelina*, Y. D. Alashkevich, V. A. Kozhukhov, K. A. Khokhlov
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk
**E-mail: karelina.alexandra@mail.ru*

Abstract. At present, the issue of deforestation is very acute. One of the sources of active consumption of wood raw materials is the pulp and paper industry. In this regard, the question of finding alternative sources of raw materials becomes relevant. Such a source can be annual plants, for example, industrial hemp. The article discusses the prospects for the use of annual plants for the production of paper products.

Keywords: mass refining, high concentration mass, annual plants, pulp and paper industry.

References

1. Valishina, Z. T. Tsellyuloza na osnove al'ternativnykh istochnikov otechestvennogo syr'ya: tsellyuloza iz pen'kovogo volokna [Cellulose based on alternative sources of domestic raw materials: cellulose from hemp fiber] / Z. T. Valishina, A. A. Aleksandrov, Ye. L. Matukhin [i dr.] // Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta [Bulletin of the Technological University]. – 2015. – T. 18. – № 2. – P. 259-262.
2. Denisova, M. N. Fundamental'nyye svoystva voloknistykh polufabrikatov - obraztsov gidrotropnoy tsellyulozy iz nedrevesnogo syr'ya [Fundamental properties of fibrous semi-finished products - samples of hydrotropic cellulose from non-wood raw materials] / M. N. Denisova, V. V. Budayeva, I. N. Pavlov [i dr.] // Biotekhnologiya i obshchestvo v XXI veke [Biotechnology and society in the XXI century]. – Altayskiy gosudarstvennyy universitet. – 2015. – P. 154-157.
3. Dubrovin, M. S. Primeneniye tekhnicheskoy konopli v proizvodstve shirokogo spektra produktsii razlichnogo naznacheniya [The use of technical hemp in the production of a wide range of products for various purposes] / M. S. Dubrovin // International Agricultural Journal. – 2022. – T. 65. – № 2.
4. Dushanova, G. A. Ispol'zovaniye odnoletnikh rasteniy dlya proizvodstva tsellyulozy i metody delignifikatsiya nedrevesnogo rastitel'nogo syr'ya [The use of annual plants for the production of cellulose and methods of delignification of non-wood plant raw materials] / G. A. Dushanova, M. Saddinova // World science: problems and innovations. – Nauka i Prosveshcheniye. – 2018. – P. 54-56.
5. Mezentsv, I. S. Perspektivy ispol'zovaniya tekhnicheskoy konopli [Prospects for the use of industrial hemp] / I. S. Mezentsev, I. V. Krasina, A. S. Parsanov // Innovatsionnoye razvitiye tekhniki i tekhnologiy v promyshlennosti [Innovative development of technology and technology in industry]. – RGU im. A.N. Kosygina. – 2021. – P. 173-176.
6. Truberg, A. A. Puti resheniya ekologicheskikh problem tsellyulozobumazhnykh predpriyatiy [Ways of solving environmental problems of pulp and paper enterprises] / A. A. Truberg, O. V. Kabanov, O. V. Katsereva [i dr.] // Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii [Advances in chemistry and chemical technology]. – 2010. – T. 24. – № 2(107). – P. 40-44.
7. Ushakov A. V. Vliyaniye kontsentratsii voloknistoy massy na vremya razmola [Effect of fibrous mass consistency on refining time] / A. V. Ushakov, Y. D. Alashkevich, V. A. Kozhukhov, K. A. Khokhlov // Lesnoy i khimicheskoy kompleksy - problemy i resheniya [Forest and chemical complexes - problems and solutions]. – SibGU im. ak. M.F. Reshetneva. – 2022. – P. 411-413.

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Ю. Ю. Кулебакина*, В. А. Первицкая

Национальный исследовательский Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Жужома Ю. Н.

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

**E-mail: juliakulebakina99@mail.ru*

Аннотация. Цель исследования заключается в анализе различий между ЕКСД и профессиональным стандартом в области управления качеством, изучении проблем перехода на профессиональный стандарт «Специалист по качеству», а также разработке мер по их устранению.

Ключевые слова: управление качеством, профессиональный стандарт, человеческий ресурс.

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.

Переход на профессиональные стандарты обусловлен тем, что их внедрение позволяет организациям повысить конкурентоспособность не только на рынке товаров и услуг, но и на рынке труда, так как они являются ориентиром для выстраивания кадровой политики и систем менеджмента. Четкое описание трудовых функций и требований к образованию позволяют руководству организаций снизить издержки на поиски квалифицированного персонала, а также эффективно разработать должностную инструкцию, опираясь на необходимые знания и требования, установленные стандартом. В связи с этим улучшается и производительность труда, поскольку качество выполнения должностных обязанностей напрямую зависит от работника и его квалификации. Помимо этого, профстандарты позволяют улучшить систему льгот, так как они перестанут быть привязанными к стандартному названию должности и будут опираться на функционал, профессиональные навыки и знания.

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 [1]. 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.

22 апреля 2021 года Министерством труда и социальной защиты был утвержден профессиональный стандарт «Специалист по качеству». В связи с этим, переход с ЕКСД «Инженер по качеству» на профессиональный стандарт повлечёт за собой ряд проблем, связанных с отличительными характеристиками данных документов.

Таблица 1 – Сравнительный анализ документов

Характеристика	Профессиональный стандарт «Специалист по качеству»	ЕКСД «Инженер по качеству»
Область применения	Описание трудовых действий и функций специалиста по качеству, а также требований, предъявляемых к образованию и обучению работников	
Основная единица описания	Вид профессиональной деятельности путем перечисления и описания знаний, навыка и требований к образованию	Должность
Цель вида профессиональной деятельности	Обеспечение качества и соответствия продукции требованиям законодательно-нормативных актов для удовлетворенности потребителей и повышения конкурентоспособности продукции и организации	Отсутствует
Определение видов экономической деятельности	По ОКВЭД выделяют 6 видов (71.12.6; 71.20.1; 71.20.3; 71.20.4; 71.20.8; 71.20.9)	Отсутствует

Характеристика	Профессиональный стандарт «Специалист по качеству»	ЕКСД «Инженер по качеству»
Содержание	Требования к образованию и обучению, к допуску к работе, трудовые функции соответственно уровню квалификации, перечень необходимых знаний и умений, полномочия, доп. рекомендации	Перечисление требуемых знаний, квалификационных требований и должностных обязанностей
Уровни квалификации	Выделяет 3 уровня квалификации: – пятый уровень, охватывающий 3 трудовые функции; – шестой уровень, охватывающий 4 трудовые функции – седьмой уровень, охватывающий 3 трудовые функции	Выделяет 2 категории: – инженер по качеству первой категории; – инженер по качеству второй категории
Устанавливают специальные знания и умения к работнику	Да	Да
Устанавливают условия допуска к работе	Да, лица не моложе 18 лет, прохождение обучения по охране труда, мед. осмотра	Нет
Устанавливают четкое требование к образованию и обучению	Четкое разграничение наличия уровня образования и специальности	Нет четкого разграничения в уровне образования и специальности
Способ описания трудовых функций, знаний и умений к каждой квалификации	Производится по каждому коду определенного уровня квалификации	К каждому из трех уровней квалификаций приводится только требуемый уровень образования и опыт работы

Детальный анализ двух документов отражает значительные расхождения: профстандарт 40.062 «Специалист по качеству» четко и структурированно характеризует требуемые знания, умения и трудовые функции, необходимые для каждого подуровня квалификации, в то время как ЕКСД дает лишь общие должностные обязанности и требования.

В связи с расхождениями переход с использования ЕКСД на профессиональные стандарты приведет к ряду проблем: затратам на реорганизацию кадровой документации, а также переводу сотрудников на новые должности [2].

Первая проблема – это определение обязанности применения профессионального стандарта и оценка экономической эффективности от перехода с ЕКСД, так как на сегодняшний день обязательность применения профстандартов охватила не все сферы экономической деятельности. Например, для специалиста по качеству в ядерной промышленности и в строительной фирме уровень ответственности и регламентирующие нормы колоссально отличаются. В связи с этим, должностные инструкции и трудовой договор будут отличаться. Следовательно, работодателю потребуется самостоятельно изучить существующие нормативные акты, регулирующие требования к квалификации, знаниям и умениям сотрудников, обязательные льготы и ограничения по конкретной профессии.

После определения необходимости внедрения работодатель должен назначить рабочую группу, ответственную за внедрение профстандартов. В связи с этим возникает

вторая проблема – ответственный персонал за внедрение, так как именно от него зависит эффективность внедрения и дальнейшее функционирование организации.

Любые изменения внутри могут негативно сказаться на трудоспособности персонала, так как одни видят в них потенциальный повод для увольнения, другие – как дополнительную ненужную нагрузку. Все это может привести к повышению раздражительности, утомляемости сотрудников и в конечном итоге к снижению производительности труда и ухудшению взаимоотношений – это является третьей проблемой.

Следующая проблема – это несоответствие квалификации действующих сотрудников требованиям внедряемого профстандарта. В трудовом кодексе отсутствует основание увольнения сотрудника, не соответствующего применяемому профстандарту. При этом компания обязана соответствовать требованиям профстандарта, если она его внедряет. Согласно статье 196 ТК РФ, работодатель сам определяет возможность оплаты обучения, но одновременно с этим сотрудникам предоставляются гарантии и компенсации в виде сохранения основного места работы и среднего заработка.

И последняя, пятая проблема – это актуализация документации, которая ведет к денежным и временным затратам. Переход на профстандарты влечет за собой переработку всей кадровой документации: трудового договора, должностных инструкций, организационной структуры, штатного расписания, актуализацию информации на сайте, а также пересмотр системы оплаты.

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

1. Определение обязательности профстандартов. На сегодняшний день Министерство труда не разработало план перехода с ЕКСД на профессиональные стандарты, но работодатель должен понимать, что в перспективе он столкнется с резким переходом с ЕКСД. Руководству компаний на данный момент рекомендуется взять за основу письмо Министерства труда от 4 апреля 2016 г. №14-0/10/13-2253, которое отвечает на многие вопросы относительно применения профстандартов и, в том числе, какими нормативно-правовыми актами надо руководствоваться в первую очередь.

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. Также рекомендуется обратиться за консультационными услугами в сторонние организации, либо отправить нескольких сотрудников на обучение, что является самым оптимальным вариантом.

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 с повышением квалификации и пересмотром оплаты труда, а также сообщить о невозможности 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 со стороны самого персонала.

Внедрение профессионального стандарта – это трудоёмкий 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.

Список литературы:

1. Российская Федерация. Трудовой кодекс № 197-ФЗ: [принят Государственной Думой 21 декабря 2001 года; одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года] // Российская газета. – 2001. – №0 (№ 2868).
2. Саликова Н. М., Кучина Ю. А. Актуальные проблемы внедрения профессиональных стандартов // Трудовое право и право социального обеспечения. – 2017. – №5. – С. 79-83.

THE PROBLEM OF APPLYING PROFESSIONAL STANDARDS IN THE FIELD OF QUALITY MANAGEMENT

Yu.Y. Kulebakina*, V.A. Pervitskaya

ITMO University, St. Petersburg

Yu. N. Zhuzhoma

Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,

Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg

**E-mail: juliakulebakina99@mail.ru*

Abstract. The purpose of the study is to analyze the changes between the EKSD and the professional standard in the field of quality management, to study the problems of the transition to the professional standard "Quality Specialist", as well as to develop measures to eliminate them.

Keywords: quality management, professional standard, human resource.

References

1. Rossiyskaia Federatsiia. Trudovoy kodeks № 197-FZ: [prinyat gosudarstvennoy dumoy 21 dekabrya 2001 goda: odobren sovetom federatsii 26 dekabria 2001 goda] // Rossiyskaia gazeta. – 2001. – №0 (№2868).
2. Salikova N. M., Kuchina U. A. Aktualnueye problemy vnedreniya proffessionalnych standartov // Trudovoye pravo i pravo sotsialnogo obespecheniya. 2017. – №5. – P. 79-83.

УДК 676.014.2

ГРНТИ 66.45.47

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ В ВЫСОКОЗОЛЬНЫХ ВИДАХ БУМАГИ

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

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

**E-mail: bogiwara@yandex.ru*

Аннотация. Исследовано влияние добавления бактериальной целлюлозы, синтезированной отечественным штаммом *Komagataeibacter rhaeticus* (ранее *Glucosacetobacter rhaeticus*, ранее *Acetobacter xylinum*) в смеси с минеральным наполнителем, на его удержание и прочностные характеристики бумаги при получении высокозольных видов бумаги. Установлено, что бактериальная целлюлоза в количестве 5 % к массе а. с. волокна позволяет компенсировать потерю механической прочности бумаги при высоком содержании минерального наполнителя. Показано, что при предварительном перемешивании бактериальной целлюлозы с минеральным наполнителем перед введением в бумажную массу повышается удержание наполнителя в бумаге.

Ключевые слова: минеральный наполнитель, бактериальная целлюлоза, зольность, диоксид титана, карбонат кальция.

Наполнение бумаги — это придание бумаге определенных свойств, таких как непрозрачность, белизна, мягкость, гладкость, впитывающая способность. В качестве наполнителей применяют каолин, гипс, мел, тальк, асбестин, бланфикс, сульфид цинка, двуокись титана и некоторые другие минеральные вещества [1].

По содержанию наполнителей бумага делится на пять групп:

- с естественной зольностью (электроизоляционная, фильтровальная, бумага-основа для пергамента и др.);
- малозольная, зольность менее 6 % (газетная, обойная и др.);
- средней зольности, зольность 6–18 % (писчая, офсетная, типографская и др.);
- повышенной зольности, зольность 18–23 %;
- высокозольная, зольность более 23 % (типографская, иллюстрационная, для глубокой печати, словарная).

Одним из наиболее распространенных минеральных наполнителей является карбонат кальция. Карбонат кальция имеет величину частиц 0,5-5 мкм [2]. Стоит отметить, что наполнитель оказывает отрицательное влияние на показатели механической прочности бумаги, а также увеличивает воздухопроницаемость и пористость из-за расклинивающего эффекта, когда частицы наполнителя блокируют образование водородных связей. Одной из основных проблем при добавлении наполнителей является их удержание в бумаге. Крупные частицы наполнителя удерживаются в бумаге механически, мелкие адсорбционно, для повышения удержания наполнителя применяют удерживающие вещества.

Для механического удержания наполнителя первостепенное значение имеют: степень дисперсности, размер и форма частиц, а также размеры волокон. Снижение размера частиц вызывают проблемы с обезвоживанием при производстве бумаги.

Для адсорбционного способа удержания наполнителей важным показателем является анионно-катионный баланс бумажной массы. Частицы наполнителя в водной среде, как и волокна целлюлозы, заряжены отрицательно. Для того чтобы перезарядить частицы наполнителя или хотя бы снизить их заряд, чтобы преодолеть силы отталкивания между волокном и наполнителем, необходимо добавить в бумажную массу сернокислый алюминий и создать оптимальный рН массы. При этом понижается отрицательный потенциал как целлюлозы, так и наполнителя, и даже перезаряжаются его частицы, приобретая положительный заряд, и адсорбируются волокном. Исследования показали, что благодаря адсорбции лучше удерживаются тонкодисперсные наполнители и фракции наполнителей с размерами частиц меньше 1 мкм.

Для удержания наполнителя в бумаге применяют катионный крахмал, катионный полиакриламид, полиэтиленимин и другие высокомолекулярные вещества, действие которых основано на явлении флокуляции. Чрезмерное флокулирование негативно сказывается на формировании бумажного листа на сетке бумагоделательной машины [3].

Однако на сегодняшний день не существует способа удержания наполнителей в бумаге без снижения механической прочности бумаги, а также без образования негативных эффектов при производстве бумаги. Поэтому поиск технологических решений продолжается.

В данном исследовании для получения высокозольных бумаг применяли бактериальную целлюлозу (БЦ). Известно, что БЦ обладает высокой адсорбционной способностью [4], а также способностью повышать прочность бумаги за счет образования дополнительных водородных связей. Проблема получения высокозольных бумаг состоит в значительном снижении механической прочности при добавлении наполнителя в количестве более 30 % к массе а.с. волокна, что делает невозможным получение бумаги с более высоким содержанием наполнителя.

БЦ имеет такую же химическую структуру, что и целлюлоза, полученная из растений. Она представляет собой полисахарид, состоящий из линейных цепей, молекулы D-глюкозы связанных β -1→4 связями (рис. 1, рис. 2) [5].

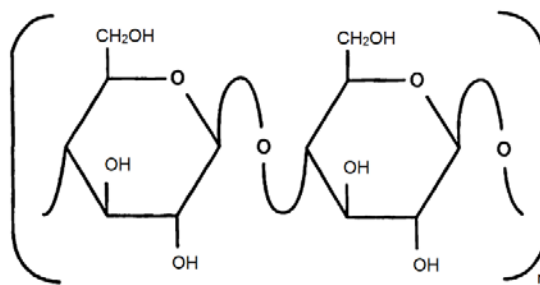


Рисунок 1 – Химическая структура бактериальной целлюлозы

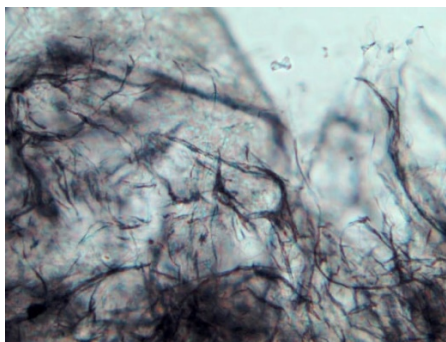


Рисунок 2 – Бактериальная целлюлоза под микроскопом (увеличение 10х)

БЦ используется во многих отраслях промышленности: медицине, фармацевтике, пищевой промышленности, а также в акустических системах в качестве фильтрующей мембраны. В целлюлозно-бумажной промышленности бактериальная целлюлоза может применяться в композиции реставрационной бумаги для восстановления утрат старинных документов на бумаге, для повышения прочности бумаги, адсорбционной способности и диэлектрических свойств [7, 8].

Для проведения исследования использовали следующие полуфабрикаты:

- сульфатная беленая листовая целлюлоза марки ЛС-1 по ГОСТ 14940-75;
- карбонат кальция в соответствии с ГОСТ 4530-76;
- диоксид титана в соответствии с ГОСТ 9808-84;

- бактериальная целлюлоза, синтезированная отечественным штаммом *Komagataeibacter rhaeticus* (ранее *Gluconacetobacter rhaeticus*, ранее *Acetobacter xylinum*) в Институте высокомолекулярных соединений РАН.

БЦ представляла собой гель-пленку толщиной 8 мм. Степень полимеризации полученной бактериальной целлюлозы – 2500 ед., степень кристалличности – 85 % [6]. Размол nano-гель-пленки БЦ проводили в воде в соотношении пленка: вода (1:100) в дезинтеграторе.

ЛТС OmniBlend ITM-767 А при 15000± 50 об/мин в течении 10 минут в институте высокомолекулярных соединений РАН. В исследовании использовали БЦ в виде суспензии концентрацией 1%.

Сульфатную листовую целлюлозу марки ЛС-1 распускали в гидроразбивателе и размалывали на дисковой мельнице до степени помола 30°ШР, затем изготавливали лабораторные образцы бумаги массой 80 г/м² с добавлением БЦ и наполнителей – диоксида титана (TiO₂) и карбоната кальция (CaCO₃). Наполнители разными способами вводили в бумажную массу:

- последовательно без предварительного перемешивания с БЦ;
- с предварительным перемешиванием с БЦ получали модифицированный наполнитель.

У образцов бумаги определяли следующие показатели:

- зольность по ГОСТ Р ИСО 1762-2022;

- разрушающее усилие по ГОСТ 10711-97.

По показателю зольности судили о содержании наполнителя в бумаге (рис. 3). При добавлении модифицированного наполнителя повышается его удержание в бумаге. Диоксид титана лучше удерживается в бумаге как при введении с предварительным перемешиванием с БЦ, так и при последовательном введении компонентов из-за своей структуры и меньшего размера частиц [9].

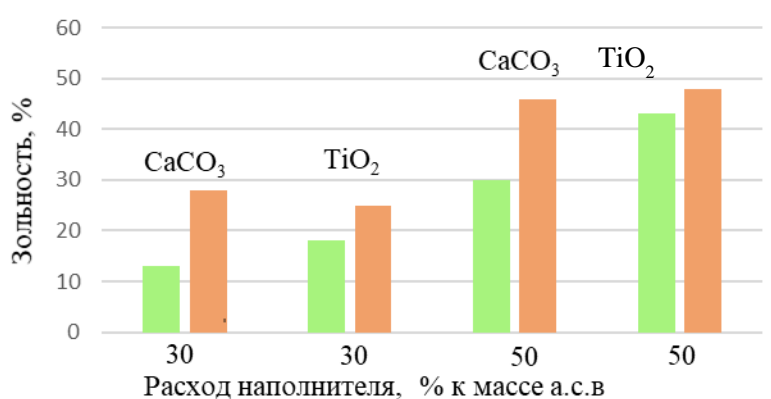


Рисунок 3 – Влияние расхода наполнителя на зольность бумаги с добавлением 5 % БЦ к массе а.с. волокна

- добавление наполнителя последовательно без предварительного перемешивания с БЦ;
- добавление наполнителя с предварительным перемешиванием с БЦ

На рисунке 4 показано влияние добавления наполнителя на механические показатели бумаги с применением БЦ в количестве 5 % к массе а.с. волокна. При добавлении наполнителя в суспензию с предварительным перемешиванием с БЦ механические показатели бумаги возрастают незначительно, по сравнению с последовательным введением компонентов. Однако при этом содержание наполнителя в бумаге увеличивается в 1,5–2 раза (рис. 3) при предварительном перемешивании наполнителя с БЦ перед введением в бумажную массу.

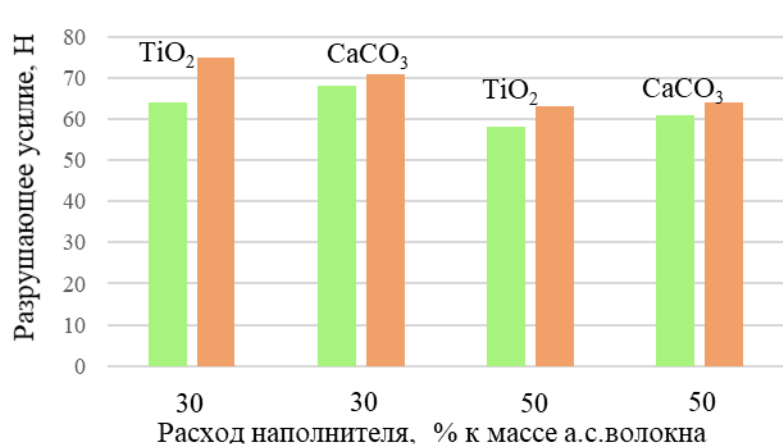


Рисунок 4 – Влияние расхода минерального наполнителя на разрушающее усилие бумаги с добавлением 5 % БЦ к массе а. с. волокна

- добавление наполнителя последовательно без предварительного перемешивания с БЦ;
- добавление наполнителя с предварительным перемешиванием с БЦ

Проведенные исследования показали возможность получения высокозольных бумаг с применением модифицированного бактериальной целлюлозой наполнителя. Модификация наполнителя дает возможность получать бумагу с содержанием 30–45 % минерального наполнителя без применения удерживающих систем и сохранением механической прочности бумаги.

Список литературы

1. Краснов, А. А. Карбонат кальция: переработка и применение / А. А. Краснов. – СПб: Новые технологии инжиниринг, 2006. – 27 с.
2. Фляте, Д. М. Технология бумаги / Д. М. Фляте. – Москва: Лесная промышленность, 1988. – 440 с.
3. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. – Москва: Школа Бумаги, 2006. – 696 с.
4. Морфологические особенности фибриллярной структуры растительной и бактериальной целлюлозы / К. С. Болотова [и др.]. – СПб: Промышленность, 2015. – 89 с.
5. Гладышева Е. К. Исследование структуры и химического строения бактериальной целлюлозы // Ползуновский вестник. – 2015. – Т. 2. – № 4. – С. 100–103.
6. Brown, A. J. On an acetic ferment which forms cellulose / A.J. Brown. – J. Chem.Soc. Trans: JBS, 1886. – 439 с.
7. Физико-химическая механика бактериальной целлюлозы / З. Н. Скворцова [и др.] // Коллоидный журнал. – 2019. – Т. 81, № 4. – С. 441–452.
8. Бактериальная целлюлоза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tcj.ru/wp-content/uploads/2019/07/New_materials.pdf. – Дата доступа: 04.04.2022.
9. Мощанский, В. А. О микроструктуре и классификации мелов / В. А. Мощанский. – Москва: Литология и полезные ископаемые, 1977. – 67 с.
10. Карбонат кальция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chemege.ru/karbonat-kalciya/>?. – Дата доступа: 07.04.2022.

APPLICATION OF MODIFIED FILLER IN HIGH ASH GRADES OF PAPER

B. V. Levin*, D. I. Malyutina, E. G. Smirnova

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: bogiwara@yandex.ru*

Abstract. The influence of addition of bacterial cellulose synthesized by domestic strain *Komagataeibacter rhaeticus* (formerly *Gluconacetobacter rhaeticus*, formerly *Acetobacter xylinum*) in a mixture with mineral filler on its retention and strength characteristics of paper when producing high-ash paper was studied. It has been established that bacterial cellulose in an amount of 5 % to the weight of a. s. fiber allows to compensate the loss of mechanical strength of paper at high content of mineral filler. It has been shown that pre-mixing of bacterial cellulose with mineral filler before its introduction into paper pulp increases the retention of the filler in the paper.

Keywords: *mineral filler, bacterial cellulose, ash content, titanium dioxide, calcium carbonate.*

References

1. Krasnov, A. A. Calcium carbonate processing and application / A. A. Krasnov. – SPb: New Technology Engineering, 2006. – 27 с.
2. Flate, D. M. Paper technology / D. M. Flate. – Moscow: Forest Industry, 1988. – 440 с
3. Ivanov S. N. Paper Technology / S. N. Ivanov. – Moscow: School of Paper, 2006. – 696 с.
4. Morphological features of the fibrillar structure of plant and bacterial cellulose / K. S. Bolotova [et al.] – St. Petersburg: Industry, 2015. – 89 с.
5. Gladysheva E.K. Study of the structure and chemical structure of bacterial cellulose // Polzunov Vestnik. – 2015. – VOL. 2. – № 4. – P. 100–103.

6. Brown, A.J. On an acetic ferment which forms cellulose / A.J. Brown. – J. Chem.Soc. Trans: JBS, 1886. – 439 с.
7. Physico-chemical mechanics of bacterial cellulose / Z. N. Skvortsova [et al.] // COLLOIDNY JOURNAL. – 2019. – Т. 81, № 4. – P. 441–452.
8. Bacterial cellulose [Electronic resource]. – Access mode: https://tcj.ru/wp-content/uploads/2019/07/New_materials.pdf. – Date of access: 04.04.2022.
9. Moshansky V. A. On the microstructure and classification of chalks / V. A. Moshansky. - Moscow: Lithology and minerals, 1977. – 67 с. 8. Calcium carbonate [Electronic resource]. – Access mode: <https://chemege.ru/karbonat-kalciya/>? – Date of access: 07.04.2022.

УДК 66.040.36
ГРНТИ 61.74.99

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОДНО-ГЛИЦЕРИНОВЫХ СМЕСЕЙ С ОПИЛКАМИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ И ДРЕВЕСНОЙ МУКОЙ НА ИХ ОСНОВЕ

П. М. Мухина*, О. А. Ерохина, А. А. Пекарец, Э. Л. Аким

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

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

Аннотация. В настоящее время во всем мире наблюдается переход к биоразлагаемой упаковке. Основным способом решения проблемы является замена пластиковой упаковки на картонно-бумажную и композиционную, которая является биоразлагаемой.

Современное развитие отраслей деревообрабатывающей промышленности предполагает квалифицированное использование их отходов (опилок, стружек, реек и пр.), которые надо утилизировать. Одним из направлений использования отходов является переработка их в биотопливо нового поколения – топливные брикеты.

Кроме того, активное развитие компьютерной техники предполагает увеличение спроса на порошки, в том числе древесные, для применения их в аддитивных технологиях (3D-печать). Древесные отходы при правильной подготовке могли бы служить материалом для различных технологий 3D-печати в качестве варианта создания биоразлагаемой упаковки.

Данная работа является частью научно-исследовательской работы по разработке новых видов древесных порошковых материалов для возможного использования отходов деревообработки в аддитивных технологиях.

Представлены результаты исследований по обработке опилок древесины лиственницы разного фракционного состава водно-глицериновой смесью (ВГС). Изучено влияние концентрации растворов водно-глицериновой смеси, температуры и продолжительности обработки на процесс взаимодействия образцов опилок лиственницы с водно-глицериновой смесью. В результате исследований установлены оптимальные параметры обработки образцов опилок лиственницы водно-глицериновой смесью.

Ключевые слова: лиственница, водно-глицериновая смесь, переработка отходов деревообработки, арабиногалактан.

На сегодняшний день деревообрабатывающая промышленность сталкивается с проблемой утилизации отходов производства (стружка, опилки, пыль), которые составляют до 19,95 % [1]. Древесные опилки используются в качестве наполнителя для разработки различных композиций [1].

Данная работа является продолжением научных исследований по биорефайнингу древесины лиственницы [2-6], в частности [7], по обработке образцов опилок лиственницы ВГС.

В результате исследований, проведенных на кафедре ТЦКМ СПбГУПТД, было установлено, что арабиногалактан (АГ) в структуре древесины лиственницы является низкотемпературным эвтектическим пластификатором и находится в виде аква-комплекса АГ-вода с точкой эвтектики минус 65°C [2]. В связи с этим представляло научный интерес проведение исследований по обработке опилок лиственницы другим эвтектическим аква-комплексом – «глицерин-вода» – с точкой эвтектики минус 38,9 °С на предмет анализа их совместимости и возможности придания опилкам специфических свойств для дальнейшего их использования при разработке новых видов композиционных материалов, в том числе и упаковочного назначения.

Целью данной работы является определение оптимальных параметров обработки опилок лиственницы водно-глицериновой смесью.

В качестве образцов для исследований использовали опилки древесины лиственницы двух видов: с АГ, которые в дальнейшем будем называть до экстракции («с АГ»), и экстрагированные при температуре 66 °С в течение 21 часа [6], которые будем называть после экстракции («без АГ»).

В данной работе исследование обработки образцов опилок лиственницы проводилось на образцах двух фракционных составов: тонкой фракции («древесной муки») с размером менее 1 мм и грубой фракции с размером 1-3 мм, исходная влажность которых составляет 7,7%.

Обработку образцов опилок проводили ВГС с разными концентрациями: глицерина 40 % + воды 60 %; глицерина 50 % + воды 50 %; глицерина 70 % + воды 30 %. Объемное соотношение навески образцов опилок лиственницы и ВГС составляет 1:6, соответственно. Обработку образцов проводили в течение двух часов на водяной бане, комбинированной лабораторной учебной (БКЛ – М) при $T = 83\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В процессе проведения экспериментов анализировали:

- взаимодействие образцов опилок лиственницы разных фракционных составов с ВГС, которые оценивали путем сопоставления веса исходных и обработанных ВГС образцов;
- насыпную плотность образцов опилок лиственницы методом свободного заполнения единицы объема образцами массой 10 г;
- динамическую вязкость отработанных растворов после обработки разных фракционных составов ВГС на вискозиметре Брукфильда DV-II+PRO.

На рисунке 1 представлены графики изменения массы образцов опилок лиственницы фракций <1 мм и 1-3 мм, обработанных ВГС с разными концентрациями:

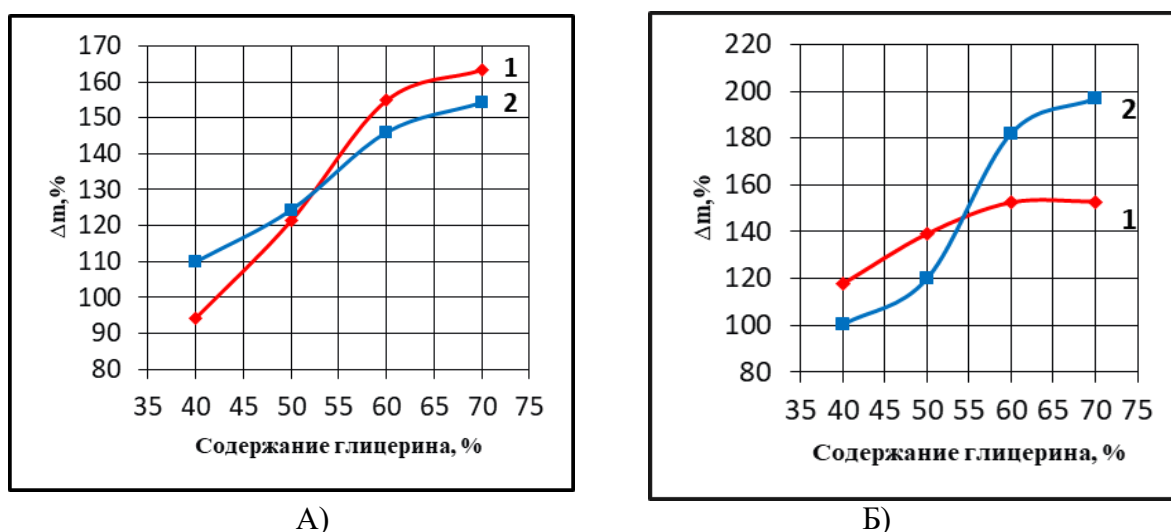


Рисунок 1– Влияние процентного содержания глицерина в ВГС на изменение массы опилок. Продолжительность обработки 2 часа; температура 83 °С.

А – фракция <1 мм; Б – фракция 1-3 мм;

1 – образцы опилок с АГ; 2 – образцы опилок без АГ

Из рисунка 1 (А) видно, что для тонкой фракции <1 мм увеличение массы за счет присоединения глицерина у образцов с АГ и без АГ происходит практически одинаково, что, вероятно, связано с погрешностью эксперимента при обработке тонкой фракции. С увеличением концентрации ВГС количество присоединенного глицерина возрастает у обоих видов образцов.

Из рисунка 1 (Б) видно, что для более крупной фракции (от 1 до 3 мм) на образцах без АГ сорбция ВГС происходит лучше, чем на образцах опилок с АГ. Вероятно, это связано с изменением капиллярно-пористой структуры опилок лиственницы в результате извлечения АГ. Образцы без АГ имеют более раскрытую капиллярно-пористую структуру за счет длительной водной и температурной обработки в процессе проведения экстракции [4].

Из рисунка 1 видно, что оптимальной концентрацией для обработки является концентрация 70 % глицерина + 30 % воды.

На рисунке 2 представлены графики насыпной плотности образцов опилок до и после обработки ВГС:

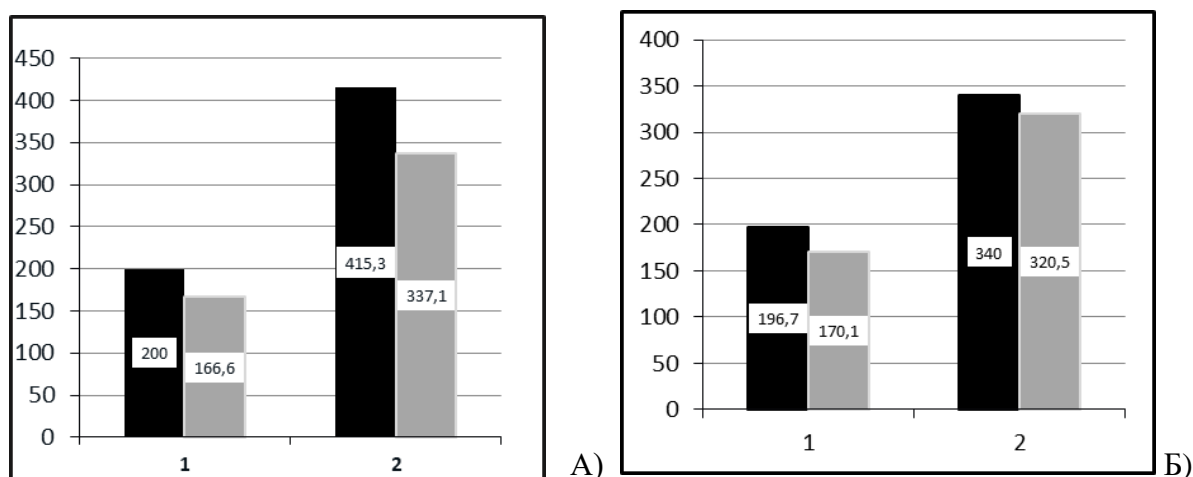


Рисунок 2 – Насыпная плотность образцов опилок до и после обработки ВГС:

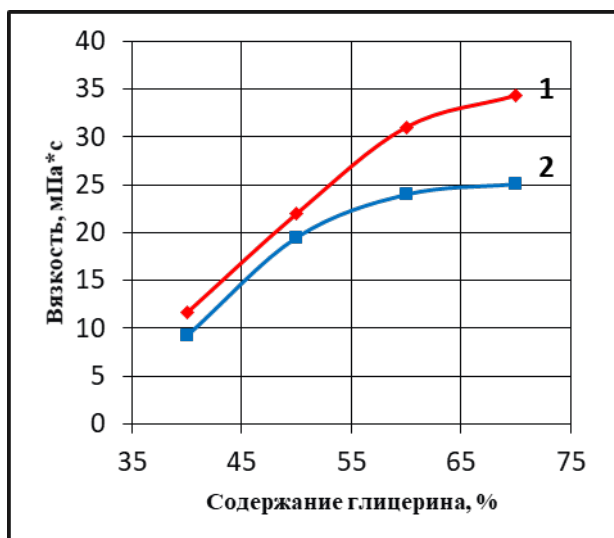
А – фракция <1 мм; Б – фракция 1-3 мм;

1 – образцы опилок с АГ; 2 – образцы опилок без АГ

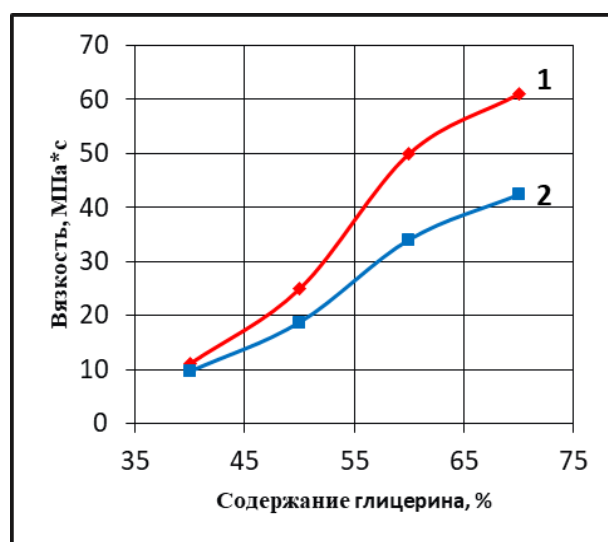
Насыпная плотность у образцов опилок до обработки (фракции < 1 мм и 1-3 мм) без АГ ниже, чем образцов с АГ, что, вероятно, связано с изменением их капиллярно-пористой структуры. Как известно [7], образцы опилок без АГ имеют большее количество пор, которые образовались в процессе экстракции АГ, а также они имеют более раскрытую капиллярно-пористую структуру, чем образцы опилок с АГ.

Насыпная плотность образцов опилок после обработки ВГС у обеих фракций < 1 мм и 1-3 мм увеличивается почти в два раза. Вероятно, это связано с увеличением веса образцов опилок за счет присоединившейся ВГС, а также, возможно, и сглаживанием поверхности у образцов без АГ (устранением «рыхлости» и «пушистости») в результате взаимодействия ВГС с образцами опилок.

На рисунке 3 представлены графики зависимости изменения вязкости отработанных растворов ВГС от процентного содержания глицерина при обработке образцов опилок лиственницы. Из рисунка 3 видно, что изменение концентрации ВГС при обработке образцов опилок лиственницы влияет на вязкость отработанных растворов. Чем больше содержание глицерина в ВГС, тем выше значение вязкости отработанных растворов.



А)



Б)

Рисунок 3 – Влияние содержания глицерина в ВГС при обработке образцов опилок лиственницы на вязкость отработанных растворов:

А – фракция < 1 мм; Б – фракция 1-3 мм;

1 – образцы опилок с АГ; 2 – образцы опилок без АГ

Вязкость отработанных растворов у образцов опилок фракции <1 мм и 1-3 мм без АГ ниже, чем у образцов опилок с АГ. Вероятно, процесс присоединения глицерина у образцов опилок без АГ происходит активнее, за счет более рыхлой капиллярно-пористой структуры.

Таблица 1 – Взаимосвязь между количеством присоединившейся ВГС и количеством выделенного АГ у образцов опилок лиственницы

Образцы фракции, мм	Разность между присоединенным количеством ВГС у образцов опилок лиственницы с АГ и без АГ при времени $t = 2$ часа, %	Количество выделенного АГ и др. экстрактивных веществ, %
1-3	16,6	14,8-17,3
<1	7,9	13,6

В таблице 1 представлены расчетные значения разности между присоединенным количеством ВГС у образцов опилок лиственницы с АГ и без АГ и количеством выделенного в результате экстракции АГ и др. экстрактивных веществ при концентрации глицерина 70 % + воды 30 % при $T = 83^{\circ}\text{C}$ в течение 2 часов.

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что существует взаимосвязь между значениями разности между присоединенным количеством ВГС у образцов опилок лиственницы с АГ и без АГ и количеством выделенного АГ и др. экстрактивных веществ. Для фракции 1-3 мм значения практически совпадают. Вероятно, выделенный АГ из структуры древесины лиственницы, находящийся в виде аква-комплекса «АГ-вода» с точкой эвтектики (-65°C), заменяется другим аква-комплексом «глицерин-вода (ВГС)» с точкой эвтектики ($-38,9^{\circ}\text{C}$).

Полученные данные представляют не только научный, но и практический интерес, т. к. при реализации инновационной аэродинамической технологии получения твердого биотоплива высокой плотности (HDSBF) [3-6] получаемый после коллайдера измельченный материал (древесная мука) [8] может рассматриваться и как самостоятельное сырье для получения биоразлагаемой упаковки [9], древесно-полимерных композиций [10], 3D-печати [11], и т. д.

1. Исследован процесс обработки опилок древесины лиственницы разного фракционного состава водно-глицериновой смесью (ВГС). Установлено влияние фракционного состава образцов опилок лиственницы (<1 мм и 1–3 мм) на обработку водно-глицериновой смесью.

2. Вязкость отработанных растворов у образцов опилок лиственницы без АГ ниже, чем у образцов с АГ, что, вероятно, связано с лучшей сорбцией ВГС и подтверждается более рыхлой структурой поверхности образцов без АГ (результаты микроскопии).

3. Наилучшее взаимодействие наблюдается у образцов опилок лиственницы без АГ фракции 1–3 мм при концентрации 70 % глицерина + 30 % воды, что, вероятно, связано с изменением капиллярно-пористой структуры образцов в результате выделения АГ. Вероятно, выделенный АГ из структуры древесины лиственницы, находящийся в виде аква-комплекса АГ–вода с точкой эвтектики (–65 °С), заменяется другим аква-комплексом глицерин–вода (ВГС) с точкой эвтектики (–38,9 °С).

4. Оптимальной концентрацией водно-глицериновой смеси является композиция 70 % глицерина + 30 % воды, температура обработки 83 °С, продолжительность обработки 2 часа.

5. Результаты экспериментов представляют научный интерес и являются предметом дальнейших исследований структуры композита из опилок лиственницы и ВГС как одним из путей для создания новых биоразлагаемых композиционных материалов.

Благодарим за консультирование и помощь в проведении экспериментов к.т.н, доцента Кузнецова А. Г.

Список литературы

1. Hansen E., Panwar R., Vlosky R. The Global Forest Sector: Changes, Practices and Prospects // NY: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. – 462p.
2. Аким Э. Л., Роговина С. З., Берлин А. А. Усталостная прочность древесины и релаксационное состояние ее полимерных компонентов. ДАН, Физическая химия. – 2020. – Т. 491. – С. 33-35.
3. Аким Э. Л., Пекарец А. А., Роговина С. З., Берлин А. А., Релаксационное состояние древесины и получение целлюлозных композитов энергетического назначения – древесных брикетов и пеллет // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2020. – №9. С. 3-8.
4. Патент РФ 2 596 683, МПК F26B 20/00, F26B 17/10, F26B 3/10. Комплекс для непрерывной термообработки твердых мелких частиц, преимущественно дисперсных древесных материалов, и способы термообработки, реализуемые с помощью данного комплекса / А. А. Пекарец; Заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Прометей» (ООО «Прометей» (RU). – 2015117200/06. 05.05.2015; Оpubл. 10.09.2016; Бюл. № 25.
5. Патент РФ 2 628 602, МПК C10B 53/02. Устройство для получения древесного угля / А.А. Пекарец; Заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Прометей» (RU). – 2016131150. 27.07.2016; Оpubл. 21.08.2017; Бюл. № 24.
6. Патент РФ 2 653 513, МПК C10L 5/44, C10L 5/40. Высококалорийные топливные брикеты из композиционного материала на основе древесных отходов (варианты) / А.А. Пекарец; Заявитель и патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью «Прометей» (RU). – 2017124819. 11.07.2017; Оpubл. 10.05.2018 / Бюл. № 13.
7. Мухина П. М., Ерохина О. А., Кузнецов А. Г. Исследование влияния обработки опилок лиственницы водно-глицериновой смесью на их свойства // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: материалы III Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП (Санкт-Петербург, 8 ноября 2021 года) / Отв. ред. А. Г. Кузнецов; ред. О. В. Фёдорова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – С. 43–48.

8. ГОСТ 23246-78 Древесина измельченная. Термины и определения: дата введения 01.07.1979. – Москва: Государственный комитет СССР по стандартам, 1978. – С. 6.
9. Хидоятов А. А., Кузнецов А. Г., Махотина Л. Г. Исследование процесса извлечения химических компонентов древесины лиственницы на экспериментальном экстракторе для использования их в композиции биоразлагаемой упаковки // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: материалы II Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года) / Отв. ред. О. В. Фёдорова; ред. А. Г. Кузнецов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – Том I. – С. 117.
10. Глазков С. С. Использование глицерина в качестве модификатора и тестирующего агента для древесины // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы строительного материаловедения и высокие технологии», №1. – 2008. – С. 12 – 20.
11. Евдокимов Н. В., Кеутаева А. Н. Оценка возможности использования древесных отходов в аддитивных технологиях // Вестник СПбГУПТД. – 2022. – №4. – С. 103 – 109.

INFLUENCE OF WATER-GLYCERINE MIXTURE TREATMENT PARAMETERS ON THE PROCESS INTERACTION WITH LARCH SAWDUST SAMPLES

P. M. Mukhina*, O. A. Erohina, Pekarets A. A., E. L. Akim
*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
 Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*
 *E-mail: polinocka.mukhina@mail.ru

Abstract. Currently, there is a worldwide transition to biodegradable packaging. The main ways to solve the problem are to replace plastic packaging with cardboard and paper and composite packaging, which is biodegradable.

The modern development of the branches of the woodworking industry involves the qualified use of their waste, including sawdust, shavings, slats, etc., which must be disposed of. One of the ways to use waste is to process it into a new generation of biofuels, namely fuel briquettes.

In addition, the active development of computer technology implies an increase in demand for powders, including wood, for their use in additive technologies (3D printing). Wood waste, if properly prepared, could serve as a material for various 3D printing technologies, as an option for creating biodegradable packaging.

This work is part of the research work on the development of new types of wood powder materials for the possible use of woodworking waste in additive technologies.

The results of studies on the processing of sawdust of larch wood of different fractional composition with water-glycerin mixture (HCV) are presented. The effect of the concentration of solutions of water-glycerin mixture, temperature and duration of processing on the interaction of samples of larch sawdust with water-glycerin mixture is studied. As a result of the research, optimal parameters for processing samples of larch sawdust with a water-glycerin mixture were established.

Keywords: larch, water-glycerin mixture, woodworking waste recycling, arabinogalactan.

References

1. Hansen E., Panwar R., Vlosky R. The Global Forest Sector: Changes, Practices and Prospects. NY: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. – P. 462.
2. Akim E. L., Rogovina S. Z., Berlin A. A. Ustalostnaya prochnost' drevesiny i relaksatsionnoe sostoyanie ee polimernykh komponentov [Fatigue strength of wood and relaxation state of its polymer components]. *DAN, Fizicheskaya khimiya* [DAN, Physical Chemistry]. – 2020. Vol. 491.– Pp. 33-35.
3. Akim E. L., Pekarets A. A., Rogovina S. Z., Berlin A. A. Relaksatsionnoe sostoyanie drevesiny i poluchenie tsellyuloznykh kompozitov energeticheskogo naznacheniya – drevesnykh

briketov i pellet [Relaxation state of wood and production of cellulose composites for energy purposes – wood briquettes and pellets]. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik* [All materials. Encyclopedic reference]. –2020. –№. 9. – Pp. 3-8.

4. Pekaretz A. A. *Kompleks dlya nepreryvnoy termoobrabotki tverdykh melkikh chastits, preimushchestvenno dispersnykh drevesnykh materialov, i sposoby termoobrabotki, realizuemye s pomoshch'yu dannogo kompleksa* [System for Continuous Heat Treatment of Fine Solid Particles, Mainly Dispersed Wood Materials, and Heat Treatment Methods Implemented Using This System]. Patent RF № 2596683, 2016. (In Russian).

5. Pekarets A. A. *Ustroystvo dlya polucheniya drevesnogo uglya* [A device for producing charcoal]. Patent RF no. 2628602, 2016. (In Russian).

6. Pekarets A. A. *Vysokokaloriynye toplivnye brikety iz kompozitsionnogo materiala na osnove drevesnykh otkhodov (varianty)* [High-calorie fuel briquettes made of composite material based on wood waste (variants)]. Patent RF no. 2653513, 2017. (In Russian).

7. Mukhina P. M., Erokhina O. A., Kuznetsov A. G. *Issledovanie vliyaniya obrabotki opilok listvennitsy vodno – glitserinovoy smes'yu na ikh svoystva* [Study of the effect of larch sawdust treatment with a water-glycerin mixture on their properties]. *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno–tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov TsBP «Sovremennaya tsellyulozno-bumazhnaya promyshlennost'. Aktual'nye zadachi i perspektivnye resheniya»* [Materials of the III International Scientific and Technical Conference of young scientists and specialists of the Central Bank «Modern pulp and paper industry. Actual tasks and promising solutions»], St. Petersburg, November 8, 2021 Ed. by. A. G. Kuznetsov; ed. by O. V. Fedorova. – SPb.: VShTE SPbGUPTD, 2021.– Pp. 43 – 48. (In Russian).

8. State Standard 23246-78 *Drevesina izmel'chennaya. Terminy i opredeleniya* [The wood is crushed. Terms and definitions], date of introduction 01.07.1979. Moscow: USSR State Committee on Standards, pp. 6, 1978. (In Russian).

9. Khidoyatov A. A., Kuznetsov A. G., Makhotina L. G. *Issledovanie protsessa izvlecheniya khimicheskikh komponentov drevesiny listvennitsy na eksperimental'nom ekstraktore dlya ispol'zovaniya ikh v kompozitsii biorazлагаemoy upakovki* [Investigation of the process of extraction of chemical components of larch wood on an experimental extractor for their use in the composition of biodegradable packaging]. *Materialy II Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov TsBP «Sovremennaya tsellyulozno-bumazhnaya promyshlennost'. Aktual'nye zadachi i perspektivnye resheniya»* [Materials of the II International Scientific and Technical Conference of young scientists and specialists of the Central Bank «Modern pulp and paper industry. Actual tasks and promising solutions»], Ed. by. O.V. Fedorova; ed. by A.G. Kuznetsov. SPb.: VShTE SPbGUPTD, 2020. – Tom I. – Pp. 117. (In Russian).

10. Glazkov S. S. *Ispol'zovanie glitserina v kachestve modifikatora i testiruyushchego agenta dlya drevesiny* [The use of glycerin as a modifier and testing agent for wood]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Fiziko–khimicheskie problemy stroitel'nogo materialovedeniya i vysokie tekhnologii* [Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physico–chemical problems of building Materials science and High technologies], Voronezh: VGASU [Voronezh: VGASU], 2008, № 1, pp. 12 – 20. (In Russian).

11. Evdokimov N. V., Keutaeva A. N. *Otsenka vozmozhnosti ispol'zovaniya drevesnykh otkhodov v additivnykh tekhnologiyakh* [Assessment of the possibility of using wood waste in additive technologies] *Vestnik SPGUTD* [Bulletin of SPGUTD], 2022. – № 4. – Pp. 103 – 109. (In Russian).

ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА СЖИГАНИЯ ЧЁРНОГО ЩЁЛОКА В СРК

М. А. Новикова*, Д. А. Ковалёв

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

*E-mail: marya.voropanova@yandex.ru

Аннотация. В данной статье приводится описание основных способов автоматизации процесса сжигания черного щелока в топке содорегенерационного котлоагрегата. Перечисляются стадии процесса регенерации черного щелока в содорегенерационном котле. Наиболее подробно рассматриваются стадии подготовки к сжиганию и сжигания черного щелока в топке котлоагрегата. В статье также имеется структурная схема АСР температуры черного щелока перед форсунками.

Ключевые слова: содорегенерационный котел, сжигание черного щелока, параметр, средства автоматизации, структурная схема АСР.

Содорегенерационный котлоагрегат (СРК) является важным элементом цикла регенерации химикатов сульфат-целлюлозного производства и предназначен для регенерации, т. е. восстановления свойств чёрного щелока, отработанного в процессе варки [1]. Процесс регенерации чёрного щелока производится за счёт его сжигания в топке СРК.

СРК является сложным энерготехнологическим объектом, поскольку в нём объединяется химический реактор и паровой энергетический котлоагрегат. Структурная схема технологического процесса представлена на рис. 1.

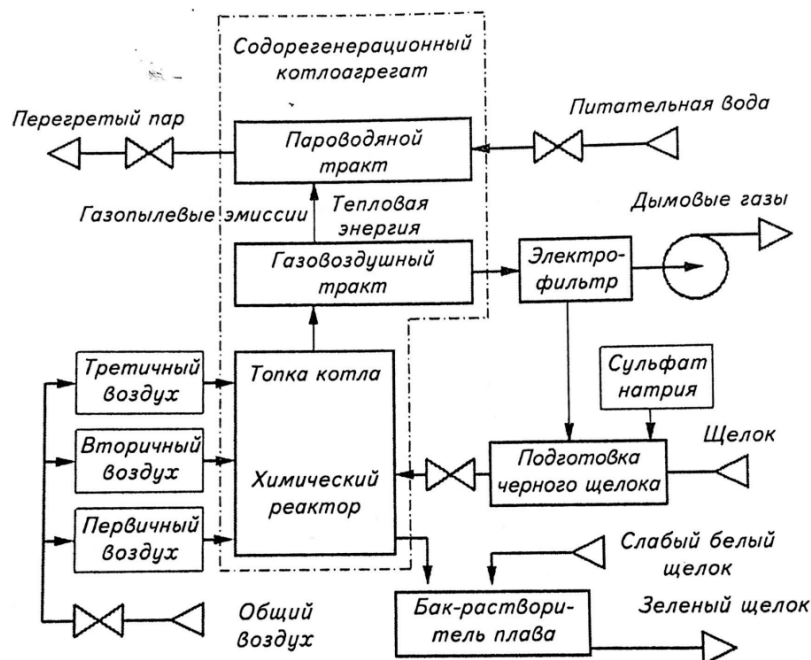


Рисунок 1 – Структурная схема технологического процесса СРК

Помимо сложности устройства, 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 чёрным щёлочком 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 [2], и т. д. Кроме того, СРК оснащается множеством датчиков и сигнализаторов, необходимых для контроля технологического процесса.

Всё множество этих устройств подаёт 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. Поскольку оператору необходимо следить и управлять большим количеством параметров СРК, то традиционно принято распределять эти параметры на несколько страниц (экранов).

1. Главный экран. На главном экране располагаются наиболее важные параметры процесса и кнопки перехода на следующие экраны.

2. Экран «Процесс подготовки черного щелока». На данном экране отображается информация о более чем 20 параметрах стадии подготовки черного щелока. Наиболее важными из них являются: температура, вязкость, плотность, давление и расход черного щелока перед форсунками, концентрация пыли в дымовых газах СРК на входе и выходе из электрофилтра, соотношение NaSO_4 в черном щелоке перед форсунками [3].

3. Экран «Процесс подготовки воздуха». На данном экране отображаются параметры, связанные с общим воздухом, подаваемым в топку, объемные расходы первичного, вторичного и третичного воздуха, степени открытия регулирующих органов на потоках подачи вторичного воздуха в топку и подачи греющего пара в калорифер, текущие затраты на процесс подготовки воздуха, подаваемого в топку СРК, и т. д.

4. Экран «Процесс сжигания черного щелока» содержит информацию о следующих параметрах: температуре продуктов сгорания в зоне первичного и вторичного дутья, степень потемнения огарка, степени восстановления сульфата натрия в сульфид натрия, концентрации пыли, H_2S , SO_2 , O_2 в дымовых газах на выходе из фестона, степени загрязнения котельного пучка и экранных труб, массовом расходе, температуре и давлении перегретого пара, концентрации взрывоопасной смеси в топке, текущих затратах на процесс сжигания черного щелока в топке и т. д.

5. Экран «Процесс генерации пара». На этом экране отображают информацию о производительности СРК по пару, давлению и температуре перегретого пара на выходе пароперегревателя, массовом расходе, давлении, температуре, солесодержании питательной воды, солесодержании котловой воды, уровне в барабане, теплотехническом КПД, соотношении температуры перегретого пара на выходе пароперегревателя и температуры уходящих дымовых газов на входе в экономайзер, концентрациях пыли в дымовых газах на входе и выходе из пароперегревателя, расходе электроэнергии на питательные насосы и т. д.

6. Экран «Процесс получения зеленого щелока». Как следует из названия экрана, на нем содержится информация о процессе получения зеленого щелока. Наиболее важными параметрами можно считать: сульфидность и плотность зеленого щелока, уровень зеленого щелока в баке растворителя, массовый расход плава, объемный расход и плотность слабого белого щелока, общая щелочность белого щелока, температуры охлаждающих вод на входе и выходе из леток, степень открытия регулирующих органов на потоке слабого белого щелока и на потоке отвода зеленого щелока.

7. Экран «Процесс комплексной очистки дымовых газов». На данном экране располагается информация, связанная с работой паровых сажеобдувочных аппаратов. Эффективность процесса очистки от золы зависит от параметров пара, его расхода и длительности работы сажеобдувочных аппаратов [3].

Таким образом, с помощью SCADA-системы обеспечивается контроль и управление основными параметрами СРК. Кроме того, благодаря SCADA-системе производится архивирование значений всех значимых параметров во времени. Это даёт возможность выявить причины возникновения нештатных ситуаций. В дальнейшем, эти данные можно использовать для составления диагностических и прогностических моделей.

Следуя логике распределения информации по разным экранам оператора, весь сложный процесс регенерации щелока в СРК можно также разделить на несколько стадий. Обычно декомпозицию процесса СРК представляют в следующем виде:

- подготовка щелока к сжиганию;
- сжигание щелока в топке котла;
- производство зеленого щелока из плава;
- генерация водяного пара за счет утилизации тепла от сжигания щелока;
- очистка дымовых газов СРК в электрофилтре и скруббере;
- очистка внешних поверхностей нагрева пароводяного тракта котла от зольных отложений.

Управление процессом сжигания чёрного щелока считается основной задачей в системе СРК [4]. В связи с этим наиболее важными стадиями являются подготовка щелока к сжиганию и непосредственно само сжигание щелока в топке.

Подготовка черного щелока к сжиганию в топке СРК состоит из нескольких систем управления. Наиболее значимыми из них являются две системы управления: температурой черного щелока и его распылом.

На рис. 2 представлена структурная схема автоматизированной системы регулирования (АСР) температуры черного щелока. С помощью данной схемы можно построить модель процесса, с помощью которой и разрабатывается физическая АСР. Кроме того, модель можно развивать, находить оптимальные настройки регулятора (используя для этого, например, нейронные регуляторы) и т. д.

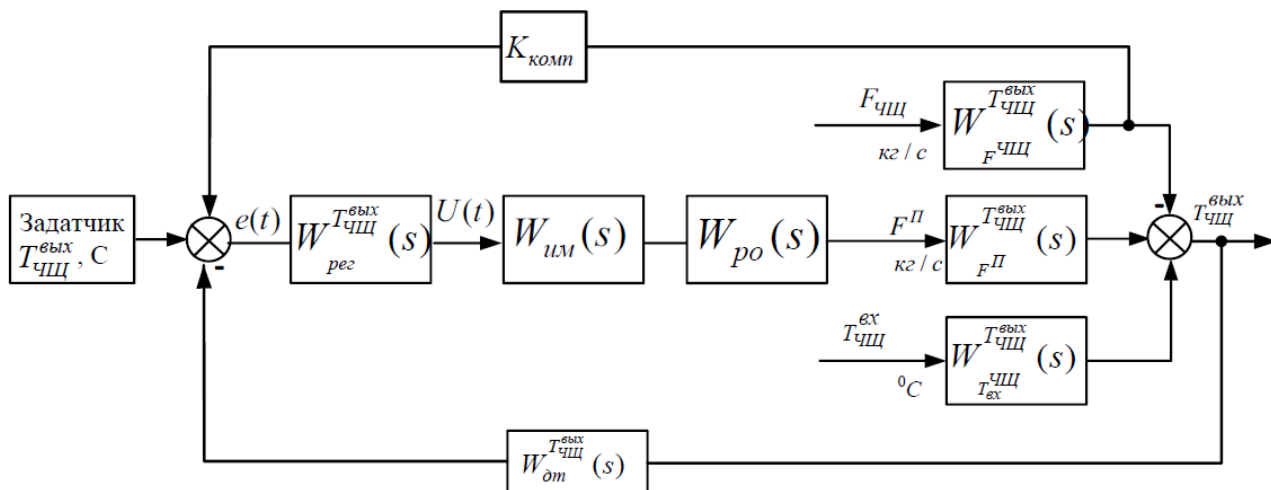


Рисунок 2 – Структурная схема АСР температуры черного щелока [5]

На стадии сжигания чёрного щёлка используются всё те же описанные технические средства и системы.

Сжигание чёрного щёлка 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 них также, по аналогии с рис. 2, могут быть построены структурные схемы АСР, а, следовательно, и математические модели.

Для управления расходом общего воздуха в топку СРК регулятору рассчитывается задание с учётом состава и расхода [4]. 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 чёрному щёлоку. 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 чёрному щёлоку, 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 [4]. 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 чёрного щёлока в топке применяются для большинства современных СРК.

Список литературы

1. Ковалёв Д. А. Анализ возможных нарушений технологических процессов в содорегенерационном котле // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). – 2020. – № 56 (82). – С. 108–111.
2. Липовков И. З. Сжигание сульфатного щёлока. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 128 с.
3. Доронин В. А. Автоматизация содорегенерационных агрегатов. М.: Лесная промышленность, 1988. – 320 с.
4. Технология целлюлозно-бумажного производства. – В 3 т. Т. III. Автоматизация, стандартизация, экономика и охрана окружающей среды в ЦБП. – Ч. 1. Автоматизация, стандартизация и экономика в ЦБП. – СПб.: Политехника, 2008. – 621 с.
5. Копцев К. Э., Жукова Н. В. Анализ динамики САУ технологическим процессом подогрева черного щелока при производстве сульфатной целлюлозы // Донбасс будущего глазами молодых ученых: сборник материалов научно-технической конференции. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 170-177.

DESCRIPTION OF EXISTING METHODS FOR AUTOMATING THE PROCESS OF BURNING BLACK LIQUOR IN IN THE RECOVERY BOILER

M. A. Novikova*, D. A. Kovalev

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: marya.voropanova@yandex.ru*

Abstract. This article describes the main methods of automating the process of burning black liquor in the furnace of a soda-generating boiler. The stages of the process of regeneration of black liquor in a recovery boiler are listed. The stages of preparation for combustion and burning of black liquor

in the boiler furnace are considered in the most detail. The article also has a block diagram of the ASR of the temperature of black liquor before the nozzles.

Keywords: recovery boiler, burning of black liquor, parameter, automation tools, automated control system block diagram.

References

1. Kovalev D. A. *Analiz vozmozhnykh narusheniy tekhnologicheskikh protsessov v sodoregeneratsionnom kotle* [The analysis of possible faults of technological processes in the recovery boiler] *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)* [Proceedings of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)], 2020. № 56 (82). – Pp. 108-111.
2. Lipovkov I. Z. *Szhiganie sul'fatnogo shcheloka* [Burning of sulfate liquor]. Moscow, Lesnaya Promyshlennost' Publ., 1979. – 128 p. (In Russian).
3. Doronin V. A. *Avtomatizatsiya sodoregeneratsionnykh agregatov* [Automation of recovery units]. Moscow, Lesnaya Promyshlennost' Publ., 1988. – 320 p. (In Russian).
4. *Tekhnologiya tsellyulozno-bumazhnogo proizvodstva* [Pulp and paper production technology]. *Avtomatizatsiya, standartizatsiya, ekonomika i okhrana okruzhayushchey sredy v TsBP* [Automation, standardization, economics and environmental protection in the Pulp and paper industry]. *Avtomatizatsiya, standartizatsiya i ekonomika v TsBP* [Automation, standardization and economics in the Pulp and paper industry]. SPb, Politekhnik, 2008. – Vol 3. –Part 1. – 621 p. (In Russian).
5. Koptsev K. E., Zhukova N. V. *Analiz dinamiki SAU tekhnologicheskim protsessom podogreva chernogo shcheloka pri proizvodstve sul'fatnoy tsellyulozy* [Analysis of the dynamics of the automatic control system for the technological process of heating black liquor in the production of sulfate cellulose] *Donbass budushchego glazami molodykh uchenykh: sbornik materialov nauchno-tekhnicheskoy konferentsii* [Donbass of the future through the eyes of young scientists: collection of materials of the scientific and technical conference], 2021. – Pp. 170 – 177.

УДК 676.16
ГРНТИ 66.45

ВЛИЯНИЕ РИСУНКА НАБОРНОЙ ГАРНИТУРЫ НА ПРОЦЕСС РАЗМОЛА ВОЛОКНИСТОГО ПОЛУФАБРИКАТА

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

Сибирский государственный университет науки и технологий

имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск

**E-mail: www.sss19951@gmail.com*

Аннотация. Постоянное совершенствование процесса размола вызвано высокими требованиями к готовой продукции, тенденцией к сокращению сырьевой базы и стремлением к снижению энергозатрат целлюлозно-бумажного производства. В статье рассматривается влияние профиля наборной гарнитуры дисковой мельницы на размол беленой сульфатной хвойной целлюлозы. Для размола была использована гарнитура с волнообразной межножевой полостью с прямолинейной формой ножей. В ходе проведенных исследований были получены и проанализированы основные бумагообразующие свойства волокнистого полуфабриката и физико-механические характеристики готовых отливок.

Ключевые слова: *размалывающая гарнитура, дисковая мельница, размол, волокна, волокнистый полуфабрикат.*

Основой производства древесно-плитных материалов и продукции целлюлозно-бумажного комплекса является процесс размола, изменение параметров которого позволяет в широком диапазоне влиять на свойства и характеристики готового продукта. Подготовка волокнистого полуфабриката к отливу является важнейшей технологической операцией, которая сопровождается высокой энергоемкостью. Высокие требования к готовой продукции, сокращение сырьевой базы, стремление к сокращению затрат – все это способствует постоянному совершенствованию процесса размола [1-3].

Цель размола заключается в разработке волокон в продольном и поперечном направлении, что повышает степень помола и бумагообразующие характеристики подготавливаемой массы. Размалывающее оборудование можно разделить на две группы, в зависимости от характера воздействия на волокно: ножевые и безножевые размалывающие машины. Наиболее распространенными ножевыми размалывающими машинами являются дисковые мельницы, основным рабочим органом которых является ножевая гарнитура. Выбор ножевой поверхности влияет на характер разработки волокна. Поверхность может быть плоская, коническая или же волнообразная, также важное воздействие на волокно оказывает направление ножей гарнитуры [4, 5].

Из вышесказанного можно отметить, что использование принципиально новых видов конструкции гарнитуры позволяет повысить качество готовой продукции без повышения себестоимости и масштабной модернизации производственного процесса. Учениками научной школы под руководством профессора Ю. Д. Алашкевича разработано большое разнообразие конструкций гарнитур, изучено их влияние на процесс размола и характеристики получаемого продукта [6-10].

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 [11]. Наборная гарнитура выполнена из пяти концентрических колец, закрепленных на диске ротора и статора, общее количество рисунков гарнитуры для данной конструкции составляет 6 видов. Благодаря конструктивным особенностям гарнитуры имеется возможность создания конической (рис. 1, б) и волнообразной (рис. 1, в) полости размола путем взаимной перестановки четвертого и пятого кольца от центра. Изменить рисунок также представляется возможным, для этого необходимо повернуть кольца на заданный угол, создавая при этом прямолинейную форму ножей или же форму в виде «елочки». Перекрывая ножами межножевые канавки соседних колец, можно увеличить время нахождения волокнистой суспензии в полости размола [12].

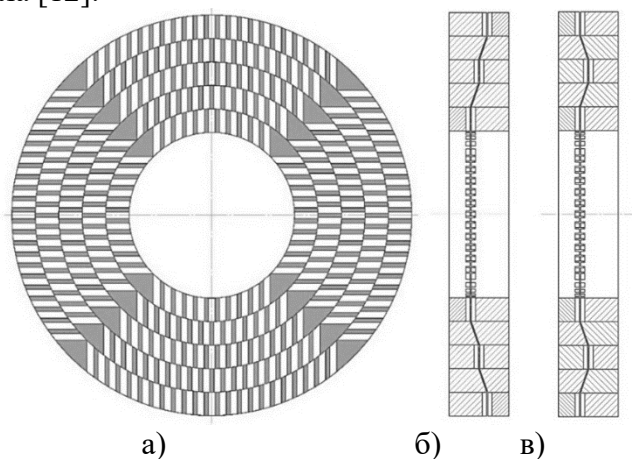


Рисунок 1 – Наборная размалывающая гарнитура дисковой мельницы:
 а – общий вид, б – коническая форма ножевой полости,
 в – волнообразная форма ножевой полости

Объектом исследования выступила продукция ОАО «Группа «Илим» в г. Братске – беленая сульфатная хвойная целлюлоза (БСХЦ), размалываемая на полупромышленной

дисковой мельнице. Размол проводился при концентрации волокнистой массы 2 %, частоте вращения ротора – 2000 об/мин и межножевым зазором 0,2 мм. Для сравнения бумагообразующих свойств были использованы коническая и волнообразная форма межножевой полости с прямолинейной формой ножей. Перед проведением эксперимента волокнистая масса была подвергнута замачиванию с последующим роспуском в гидроразбивателе.

На рисунке 2 представлены бумагообразующие свойства волокнистого полуфабриката после размола на наборной гарнитуре с волнообразной и конической полостями размола. Из графика зависимости степени помола от продолжительности размола, рисунок 2 а, видно, что зависимости имеют идентичный характер по качественным и количественным значениям. При этом характер воздействия на волокнистую массу у конической полости размола более направлен на укорочение волокон, чем у волнообразной, что можно наблюдать на графике зависимости длины волокна от степени помола, изображенном на рисунке 2 б.

Из графика зависимости водоудерживающей способности от степени помола, построенном на рисунке 2 в, видно, что для обеих полостей размола качественные зависимости носят схожий параболический характер, однако от 60 °ШР количественные значения у конической полости ниже, чем у волнообразной. Анализ бумагообразующих свойств показывает, что и для конической, и для волнообразной полостей размола количественные и качественные показатели имеют близкий характер.

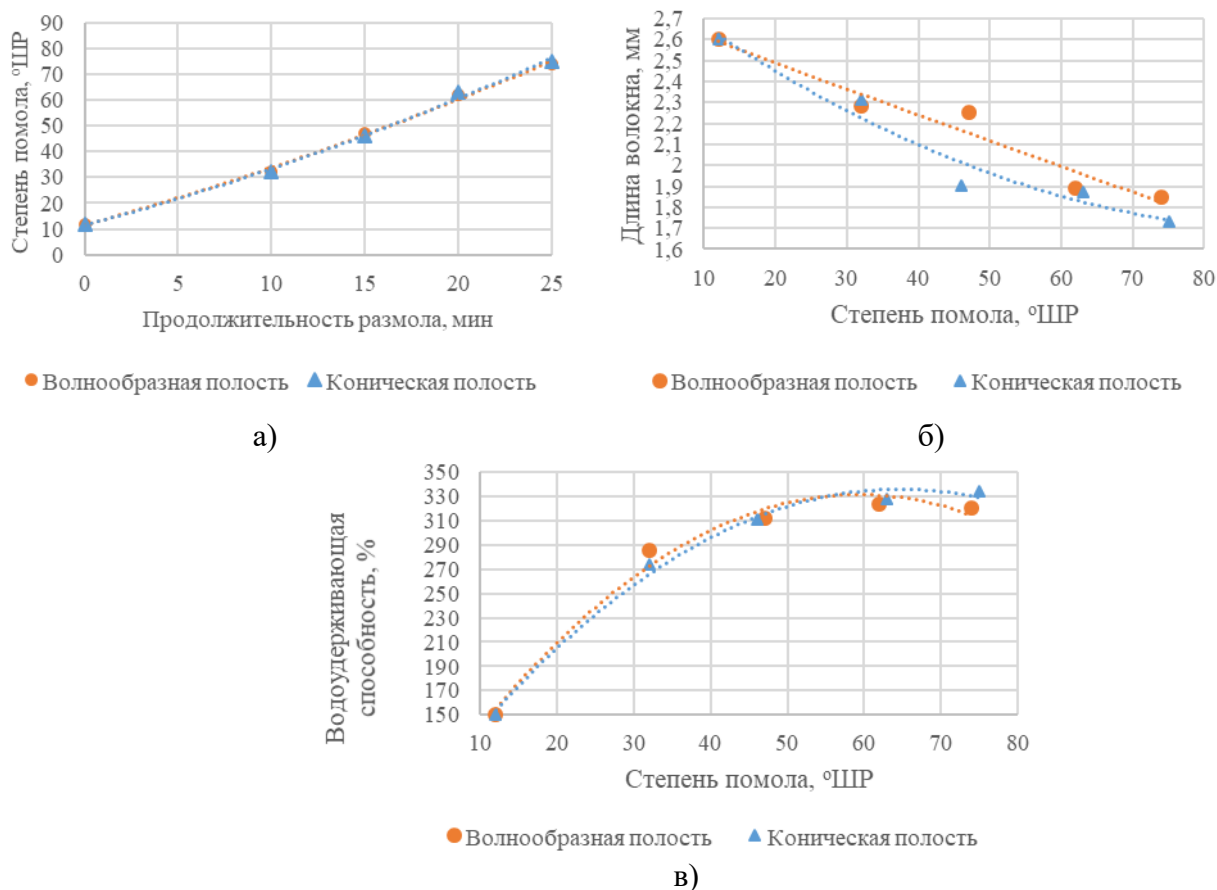


Рисунок 2 – Бумагообразующие свойства волокнистого полуфабриката после размола на наборной гарнитуре:
 а – график зависимости степени помола от продолжительности размола;
 б – график зависимости длины волокна от степени помола;
 в – график зависимости водоудерживающей способности от степени помола

На рисунке 3 представлены физико-механические характеристики готовых отливок. Для показателя сопротивления продавливанию от степени помола по Шоппер-Риглеру, изображенного на рисунке 3 а, большее количественное значение показывает волнообразная полость, при этом отличие наблюдается уже после 45 °ШР. Что же касается числа двойных перегибов от степени помола, то, как видно из рисунка 3 б, наблюдаются более значительные изменения показателя, причем число двойных перегибов для волнообразной полости размола имеет более высокий показатель, чем для конической полости гарнитуры.

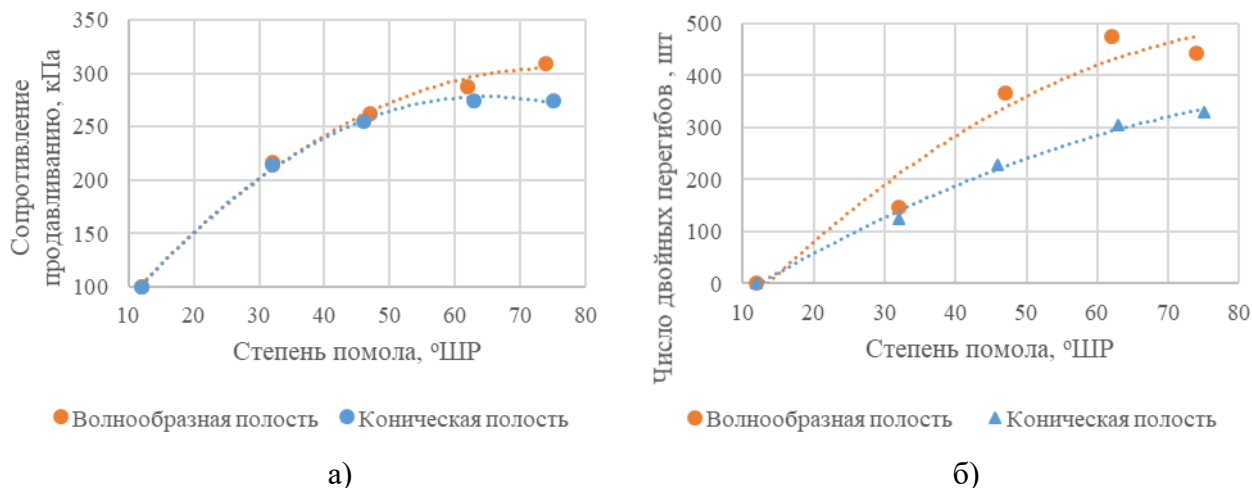


Рисунок 3 – Физико-механические характеристики готовой отливки:
а – график зависимости сопротивления продавливанию от степени помола;
б – график зависимости числа двойных перегибов от степени помола

В ходе проведенных исследований было выявлено, что несмотря на близкие качественные и количественные зависимости бумагообразующих показателей, волнообразная полость размола по характеру воздействия на волокно меньше направлена на укорочение волокон, в сравнении с конической. При использовании различного вида полостей размола отличаются и физико-механические характеристики полученных бумажных отливок. При этом волнообразная полость размола 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 рисунка гарнитуры требуется менять саму гарнитуру, как ее подвижную, так и неподвижную части. Что же касается предлагаемой комбинированной гарнитуры, для изменения ее рисунка без замены дисков гарнитуры достаточно развернуть подвижные кольца на определенный угол, что позволяет значительно сократить расходы на рабочие элементы дисковых мельниц.

Список литературы

1. Алашкевич Ю. Д. Основы теории гидродинамической обработки волокнистых материалов в размольных машинах: дис.... докт. техн. наук. – Ленинград, 1980. – 334 с.
2. Shurkina V. I., Marchenko R. A., Alashkevich Y. D. Research of the paper-forming properties of a fibrous material with the use of a tacking with curvilinear knives, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Krasnoyarsk. – Vol. 467. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012002. – DOI 10.1088/1757-899X/467/1/012002. – EDN GXBIDP.
3. Фляте Д. М. Свойства бумаги. – СПб.: Лань, 2012. – 384 с.
4. Алашкевич, Ю. Д. Влияние рисунка гарнитуры на процесс размола волокнистых полуфабрикатов: монография в 2-х частях. Часть 1 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, А. А. Набиева. – Красноярск: СибГТУ, 2010. – 168 с.

5. Чистова, Н. Г. Размол древесноволокнистой массы на промышленных установках при производстве ДВП: дис.... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.21.03 / Н. Г. Чистова; рук. Ю. Д. Алашкевич. – Красноярск: СибГТУ, 2000. – 193 с.
6. Алашкевич Ю. Д., Ковалев В. И., Набиева А. А. Влияние рисунка гарнитуры на процесс размола волокнистых полуфабрикатов: монография. В 2-х частях. – Ч. 1. – Красноярск: СибГТУ, 2010. – 168 с.
7. Набиева, А. А. Оценка влияния и совершенствования технологических параметров ножевых размалывающих машин: дис... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.21.03 / А. А. Набиева. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – 156 с.
8. Ковалев, В. И. Размол волокнистых полуфабрикатов при различном характере построения рисунка ножевой гарнитуры: дис... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.21.03 / В. И. Ковалев. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 209 с.
9. Вититнев, А. Ю. Совершенствование процесса размола волокнистых полуфабрикатов в производстве древесноволокнистых плит: дис.... на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.21.03 / А. Ю. Вититнев. – Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2019. – 152 с.
10. Шуркина, В. И. Совершенствование ножевого размола волокнистых растительных полимеров в целлюлозно-бумажном производстве: специальность 05.21.03 «Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / В. И. Шуркина. – Красноярск, 2016. – 22 с.
11. Патент № 2314380 С1 Российская Федерация, МПК D21D 1/30, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы: № 2006121708/12: заявл. 19.06.2006: опубл. 10.01.2008 / Ю. Д. Алашкевич, В. И. Ковалев, М. А. Карбышев [и др.]; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный технологический университет».
12. Петрова А. А., Воронин И. А., Алашкевич Ю. Д. Размалывающая гарнитура дисковой мельницы с оригинальными геометрическими характеристиками ножевой поверхности // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск, 2021. – С. 390-393.

INFLUENCE A PATTERN DIALED GRINDINGSET ON THE PROCESS OF GRINDING THE FIBROUS SEMI-FINISHED PRODUCT

A. A. Petrova*, I. A. Voronin, Yu. D. Alashkevich, D. E. Zyryanov, N. S. Reshetova

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk

**E-mail: www.sss19951@gmail.com*

Abstract. The constant improvement of the refining process is driven by high requirements for finished products, the trend towards a reduction in the raw material base and the desire to reduce the energy costs of pulp and paper production. The article discusses the influence of the profile of the dialed grindingset of a disk mill on the grinding of bleached sulphate softwood pulp. For grinding, a set with a wavy inter-knife cavity with a rectilinear shape of the knives was used. In the course of the research, the main paper-forming properties of the fibrous semi-finished product and the physical and mechanical characteristics of the finished castings were obtained and analyzed.

Keywords: *grinding set, disc mill, grinding, fibers, fibrous semi-finished product.*

References

1. Alashkevich Yu. D. Osnovy teorii gidrodinamicheskoy obrabotki voloknistykh materialov v razmol'nykh mashina [Fundamentals of the theory of hydrodynamic processing of fibrous materials in grinding machines]: dis. dokt. tekhn. nauk. – Leningrad, 1980. – 334 p. (In Russian)
2. Shurkina V. I., Marchenko R. A., Alashkevich Y. D. Research of the paper-forming properties of a fibrous material with the use of a tacking with curvilinear knives, IOP Conference Series:

- Materials Science and Engineering. – Krasnoyarsk. – Vol. 467. – Krasnoyarsk: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012002.
3. Flyate D. M. Svoystva bumagi [Paper properties]. SPb.: Lan', 2012. – 384 p. (In Russian)
 4. Alashkevich Yu.D. Vliyanie risunka garnitury na protsess razmola voloknistykh polufabrikatov [Influence of the headset pattern on the process of grinding fibrous semi-finished products]: Monografiya v 2-kh chastyakh. Chast' 1, Yu. D. Alashkevich, V. I. Kovalev, A. A. Nabieva. Krasnoyarsk, SibGTU, 2010. – 168 p. (In Russian)
 5. Chistova N. G. Razmol drevesnovoloknistoy massy na promyshlennykh ustanovkakh pri proizvodstve DVP [Grinding of wood fiber in industrial plants for the production of fibreboard]: dis. kand. tekhn. nauk : 05.21.03, N. G. Chistova; ruk. Yu. D. Alashkevich. Krasnoyarsk, SibGTU, 2000. – 193 p. (In Russian)
 6. Alashkevich Yu. D., Kovalev V. I., Nabieva A. A. Vliyanie risunka garnitury na protsess razmola voloknistykh polufabrikatov [Influence of the headset pattern on the process of grinding fibrous semi-finished products]: monografiya. – V 2-kh chastyakh. – Ch. 1. Krasnoyarsk, SibGTU, 2010. – 168 p. (In Russian).
 7. Nabieva A. A. Otsenka vliyaniya i sovershenstvovaniya tekhnologicheskikh parametrov nozhevyykh razmalyvayushchikh mashin [Evaluation of the impact and improvement of technological parameters of knife grinders]: dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk: 05.21.03. Krasnoyarsk, SibGTU, 2004. – 156 p. (In Russian)
 8. Kovalev V. I. Razmol voloknistykh polufabrikatov pri razlichnom kharaktere postroeniya risunka nozhevoy garnitury [Grinding of fibrous semi-finished products with different nature of the construction of the pattern of the knife set]: dis. kand. tekhn. nauk: 05.21.03. Krasnoyarsk, SibGTU, 2007. – 209 p. (In Russian)
 9. Vititnev A. Yu. Sovershenstvovanie protsessa razmola voloknistykh polufabrikatov v proizvodstve drevesnovoloknistykh plit [Improving the grinding process of fibrous semi-finished products in the production of fibreboard]: dis. na soisk. uchen. step. kand. tekhn. nauk: 05.21.03. Krasnoyarsk, SibGU im. M. F. Reshetneva, 2019. – 152 p. (In Russian)
 10. Shurkina, V. I. Sovershenstvovanie nozhevogo razmola voloknistykh rastitel'nykh polimerov v tsellyulozno-bumazhnom proizvodstve [Improvement of knife grinding of fibrous vegetable polymers in pulp and paper production]: spetsial'nost' 05.21.03 "Tekhnologiya i oborudovanie khimicheskoy pererabotki biomassy dereva; khimiya drevesiny": avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk, Shurkina Valentina Ivanovna, Krasnoyarsk, 2016 . – 22 p. (In Russian).
 11. Alashkevich Yu. D., Kovalev V.I., Karbyshev M.A. [i dr.] Razmalyvayushchaya garnitura diskovoy mel'nitsy [Grinding set for disc mill] Patent RF no. 2314380 C1, 2008. (In Russian).
 12. Petrova A. A., Voronin I. A., Alashkevich Yu. D. Razmalyvayushchaya garnitura diskovoy mel'nitsy s original'nymi geometricheskimi kharakteristikami nozhevoy poverkhnosti [Grinding set of a disc mill with original geometric characteristics of the knife surface], Lesnoy i khimicheskoy kompleksy, problemy i resheniya: sbornik materialov po itogam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Forest and chemical complexes - problems and solutions: a collection of materials based on the results of the All-Russian Scientific and Practical Conference]. Krasnoyarsk, 2021. – pp. 390-393. (In Russian).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТРАБОТАННЫХ РАСТВОРОВ ПОСЛЕ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ НЕДРЕВЕСНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

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

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

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

Аннотация. В настоящее время большая часть топинамбура (в частности, только клубни) идёт 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. В работе была проведена делигнификация вегетативной части топинамбура, собранного в Ленинградской области в осенний период, сульфатным, бисульфитным, натронным и пероксидным способами и проведён сравнительный анализ отработанных варочных растворов.

Ключевые слова: целлюлоза, топинамбур, черный щелок, сульфатный щелок, пероксидная делигнификация, бисульфитный щелок.

При использовании новых растительных материалов образуются отработанные варочные растворы с иными, отличными свойствами, чем при переработке традиционного древесного сырья. Исследование этих свойств позволит наиболее эффективно внедрить новый вид растительного сырья для переработки.

Одна из важнейших характеристик – сезонные изменения в химическом составе – наиболее ярко выражена в многолетних травянистых растениях, таких как топинамбур. Стебли топинамбура, выбранные в качестве объектов исследования, были собраны в октябре 2021 года в Ленинградской области. Перед обработкой варочными растворами экстракция горячей водой не проводилась.

Натронная, сульфатная и бисульфитная делигнификации были проведены при температуре 150°C в автоклаве в глицериновой бане в течение 2-х часов [1]. Пероксидная делигнификация осуществлялась при температуре 80 °C, концентрации пероксида водорода 9 % в течение 3-х часов [2]. Методом отрыва кольца ди-Нуи было исследовано поверхностное натяжение при различных концентрациях растворов, проведен анализ поверхностно-активных свойств щелоков с расчетом доли гомогенной и коллоидной частей растворенных в нем веществ.

После щелочной делигнификации количество остаточной щелочи в сульфатном щелоке в 2 раза выше, чем в натронном. Количественное содержание веществ приведено в таблице.

Таблица – Содержание веществ в натронном и сульфатном щелоке

Содержание в щелоке	Натронный щелок	Сульфатный щелок
Лигнина, %	1,91	2,05
Редуцирующих веществ, %	6,00	3,80
Сухих нелетучих веществ, %	13,43	19,97
Неорганических веществ, %	6,58	5,31
Органических веществ, %	6,85	14,64

Анализ полученных отработанных щелоков показал, что наиболее эффективно процесс щелочной делигнификации проходит сульфатным способом. Количество сухих веществ составило в сульфатном щелоке практически 20 % по сравнению с 13,43 % в натронном. При этом количество выделенного в раствор лигнина было примерно одинаковым. 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 содержании веществ в щелоках проявляется и в коллоидно-химической характеристике растворов.

На рис. 1 приведена зависимость поверхностного натяжения щелоков, по которым были оценены доли гомогенно и гетерогенно растворенных веществ.

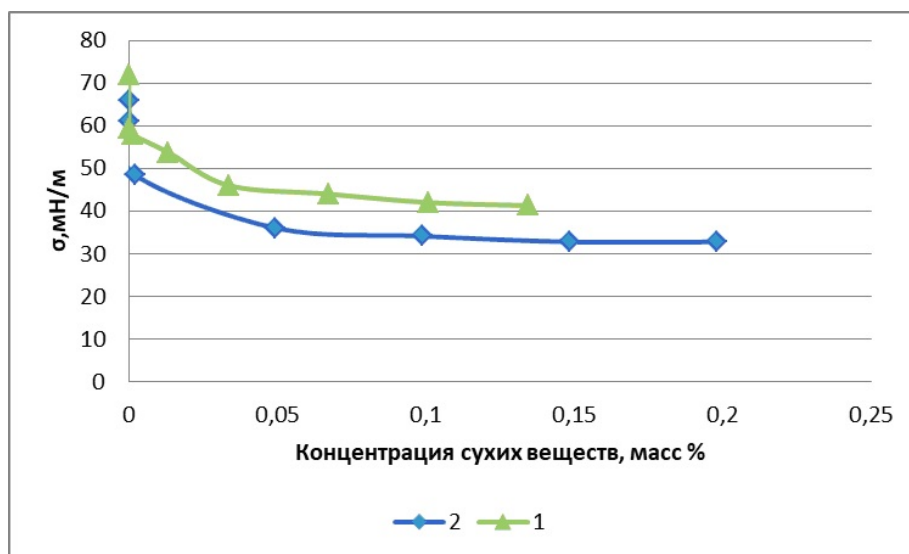


Рисунок 1 – Зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворенных веществ

Согласно проведенным расчетам, доля гомогенной части натронного щелока составила 10 %, а сульфатного – 25 %.

В образцах отработанного бисульфитного щелока общая титруемая кислотность составила 11,6 °К, а количество связанных и свободных органических кислот – 5,4 %. Однако, содержание оксида серы – 0,62 %. Количество гетерогенной и гомогенной частей определяли также по концентрационной зависимости поверхностного натяжения, представленной на рис. 2

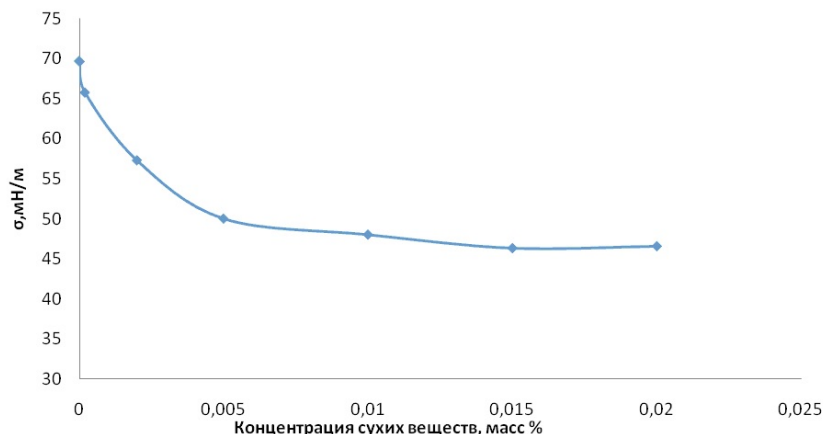


Рисунок 2 – Изотерма поверхностного натяжения отработанного бисульфитного щелока

Гомогенная часть составляет 10 %, при этом доля высокомолекулярной фракции лигносульфанатов в гетерогенной части раствора составила около 2 %.

При обработке образцов вегетативной части топинамбура пероксидом водорода количество сухих веществ составило 0,71 %. Количество оставшегося после делигнификации пероксида водорода составило 6,11 % [3]. Предварительная экстракция холодной водой увеличила расход пероксида водорода на 1,5 %, за счет раскрытия пор стеблей. Тензиометрический анализ отработанного раствора показал, что вещества растворены до гомогенного состояния.

Были определены продукты разрушения полисахаридов в сульфатном и натронном, а также редуцирующие вещества в бисульфитном щелоках (рис. 3).

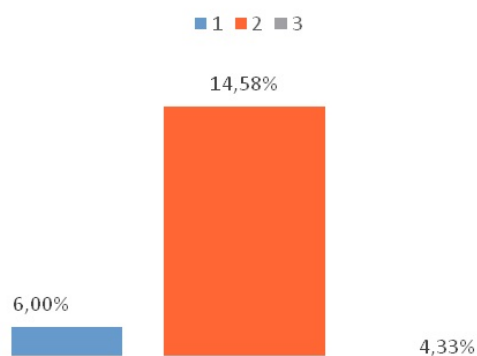


Рисунок 3 – Содержание продуктов разрушения полисахаридов:
1 – натронный щелок, 2 – сульфатный щелок, 3 – бисульфитный щелок

Таким образом, отработанный раствор пероксида водорода можно использовать повторно без дополнительной очистки для получения целлюлозного материала. Натронный, бисульфитный и сульфатный щелоки возможно использовать для дальнейшей переработки с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью.

Список литературы

1. Дорофеева Л. А., Ким Н. Ю., Рязанова Т. В., Чупрова Н. А. Оптимизация процесса получения экстрактов из вегетативной части топинамбура // Химия растительного сырья. – 1998. – №2. – С. 53-57.
2. Дорофеева Л. А., Рязанова Т. В., Чупрова Н. А. Исследование вегетативной части топинамбура. 2. Оптимизация процесса выделения целлюлозы // Химия растительного сырья. – 1998. – №2. – С. 59-62.
3. ГОСТ 32460-2013 Пероксид водорода. Определение содержания в воде.

A COMPARATIVE ANALYSIS OF WASTE SOLUTIONS AFTER DELIGNIFICATION OF NON-WOOD VEGETABLE RAW MATERIALS

M. M. Romasheva*, Ye. Yu. Demyantseva, R. A. Smith, O. S. Yakubova
*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*
*E-mail: rita.romasheva@gmail.com

Abstract. Nowadays most of Jerusalem artichoke is used for inulin and livestock feed production while its vegetative part is mostly being thrown away. However, consistence of cellulose in it can reach 40%, so it is perspective raw material for complex processing in pulp production. The analysis of black waste solutions obtained with delignification by NaOH, white liquor and hydrogen

peroxide of vegetative part of Jerusalem artichoke gathered in Leningrad Region during autumn period. The results have been compared.

Keywords: cellulose, jerusalem artichoke, black liquor, sulfate liquor, peroxide delignification, bisulfite liquor.

References

1. Dorofeeva L. A., Kim N. Yu., Ryazanova T. V., Chuprova N. A. Optimizaciya processa polucheniya ekstraktov iz vegetativnoj chasti topinambura, [optimization of the process of obtaining extracts from the vegetative part of jerusalem artichoke] *Himiya rastitel'nogo syr'ya.*, 1998.– №2. 53-57p. (In Russian).
2. Dorofeeva L. A., Ryazanova T. V., Chuprova N. A. Issledovanie vegetativnoj chasti topinambura. 2. Optimizaciya processa vydeleniya cellyulozy [Study of the vegetative part of Jerusalem artichoke. 2. Optimization of the cellulose extraction process]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya.* – 1998. – №2. – 59-62 p. (In Russian).
3. GOST 32460-2013 Peroksid vodoroda. Opredelenie soderzhaniya v vode [hydrogen peroxide Determination of the content in water] (In Russian).

УДК 662.818

ГРНТИ 81.91.13

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

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

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

**E-mail: ryzhikov_vladimir@bk.ru*

Аннотация. Рассматривается возможность совместной утилизации содержащих синтетические полимеры отходов макулатурных предприятий ЦБП с древесными отходами деревообрабатывающих предприятий. Топливные брикеты, сформированные из таких смешанных отходов в биотопливо третьего поколения, и размолотые в пыль в системе пылеприготовления, пригодны для совместного сжигания с угольной пылью в вихревых топках как топливо с повышенной теплотворной способностью и сниженным углеродным следом.

Ключевые слова: целлюлоза, бумага, экология, опилки, переработка отходов деревообработки, отходы ЦБП, утилизация.

В связи с проблемой перехода к низкоуглеродной циркулярной биоэкономике на сегодняшний день актуальна задача переработки отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры. В настоящее время 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 при их гниении к дополнительным выбросам диоксида углерода без получения полезной энергии. Таким образом, эти достаточно крупнотоннажные отходы целлюлозно-бумажной промышленности ни в России, ни в мире пока еще не нашли своего места в процессе переработки с целью получения полезной энергии или топлива [1 – 3].

Объем потребления бумаги и картона в мире – свыше 430 млн тонн, а объем потребления крупнотоннажных синтетических полимеров в мире – свыше 360 млн тонн. Основным сырьем для производства синтетических полимеров является нефть, мировая добыча которой составляет около 4,5 млрд тонн в год (сернистых соединений в различных

видах нефти может быть более 10 %, хотя обычно этот показатель не превышает 6 %). Таким образом, на переработку в синтетические полимеры расходуется лишь 8 % нефти, а 92 % прямо или косвенно сжигается как топливо с выделением не только углекислого газа, но и сернистых соединений.

Синтетические полимеры, в обиходе называемые пластиком – один из самых распространенных материалов, используемых в современной жизни. Самым большим использованием пластика является упаковка (около 30 % мирового объема производства пластика в год), так как они очень функциональны в качестве упаковочного материала. Далее следует их использование в строительстве и на транспорте, на которые приходится примерно 17 % и 14 % соответственно (ЮНЕП, 2018 а). Производство синтетических полимеров («пластика») в 2018 году составило около 360 млн тонн, из них повторно перерабатывается, из-за высоких затрат, связанных с переработкой, менее 10 % пластиковых отходов (Reichert et al., 2020; Su et al., 2020). Прогнозируется, что к 2045 году объем пластиковых отходов будет превышать 340 млн тонн в год [2].

Эта тенденция прямо противоречит высокому уровню вторичной переработки бумаги – в целом по миру использование вторичного волокна уже свыше 10 лет назад превысило уровень использования первичного волокна. В 2021 году в США уровень вторичной переработки бумаги достиг 68 %, что делает бумагу в Соединенных Штатах наиболее перерабатываемым материалом, а для гофро-картонной упаковки величина еще выше – 91,4 %.

Одним из путей уменьшения пластикового загрязнения мира является создание биоразлагаемой упаковки, однако анализ всего жизненного цикла такой упаковки показывает целесообразность утилизации и биоразлагаемой упаковки как одного из компонентов биотоплива.

4 октября 2022 ФАО ООН опубликовала «Глобальный прогноз развития лесного сектора до 2050 года», важнейшим разделом которого является раздел «Древесина для производства энергии». В нем указывается, что в 2020 году 2,3 миллиарда человек по-прежнему полагались на древесное топливо в качестве основного источника энергии для приготовления пищи и отопления. Учитывая, что в ноябре 2022 года население Земли превысило 8 миллиардов человек, четверть населения Земли зависит от древесного топлива.

В прогнозе указывается, что древесное топливо останется основным источником энергии для многих домохозяйств в странах с развивающейся экономикой до 2050 года, но многие сценарии предполагают, что темпы роста потребления замедлятся. Мировое потребление топливной древесины из лесов в 2050 году может составить от 2,1 до 2,7 миллиарда кубометров по сравнению с 1,9 миллиарда кубометров в 2020 году, увеличившись на 11–42 % [3].

Четверть века назад в мире и в России стало производиться биотопливо второго поколения – древесные пеллеты и брикеты; за эти годы их производство достигло 50 млн тонн [1-4]. Благодаря своим специфическим свойствам и эффективным системам сжигания, они нашли широкое применение и в быту – для отопления индивидуальных домов и на электростанциях, для совместного сжигания с каменным углем. Мировая добыча каменного угля составляет около 7,5 млрд тонн в год; содержание общей серы в углях колеблется в основном от 0,2 до 10 %. При этом совместное сжигание каменного угля с древесными пеллетами рассматривается как один из важнейших путей уменьшения карбонового следа угольных электростанций.

В 2020 году Россия экспортировала 2,32 млн тонн древесных пеллет – 6 % от мирового объема производства пеллет. (ФАО 2019 – Древесные пеллеты и прочие агломераты – 46 миллионов тонн). В первом полугодии 2021 года производство топливных пеллет увеличилось на 19 %, цены на гранулы прибавили 17 %. Мировым центром производства и потребления топливных древесных гранул является регион ЕЭК, на долю которого приходится 80 % мирового производства пеллет; а доля стран ЕЭК в ее мировом экспорте составляет 90 %.

В 2019 году в регионе ЕЭК было произведено 36,7 млн т топливных древесных гранул (+8,8 %), при этом показатель их потребления является самым высоким в Европейском субрегионе, в то время как Северная Америка подтвердила свою лидирующую позицию в качестве крупнейшего мирового экспортера этой продукции [1-4].

В России начато производство топливных брикетов сверхвысокой плотности 1300-1320 кг/м³, получаемых А. А. Пекарцом по инновационной технологии [5-9]. Благодаря своим специфическим свойствам оно может рассматриваться как «биотопливо третьего поколения». По инновационной технологии А. А. Пекарца, в дополнение к 5 работающим в России производствам древесных, древесноугольных и торрефицированных брикетов, в Риге не только запущено аналогичное производство брикетов, но и организован выпуск самих линий малыми сериями – до 10-15 линий в год. По технологии А. А. Пекарца из отвалов гидролизного лигнина (станция Зима) получены топливные брикеты со свойствами торрефицированных брикетов.

Предлагается использовать топливные брикеты, состоящие из твердых древесных отходов и отходов сортировки картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры, размолотые в пыль с помощью системы пылеприготовления, в комбинации с угольной пылью, с последующим сжиганием в низкотемпературной вихревой топке В. В. Померанцева (НТВ-топке) [10].

В качестве исходного сырья используется древесная мука лиственницы и отходы тонкой сортировки макулатуры, предоставленные предприятием АО «КНАУФ ПЕТРОБОРД» (рис. 1), в дальнейшем перемолотые в муку с помощью мельничного механизма.



Рисунок 1 – Отходы тонкого сортирования макулатуры

Древесная мука и мука отходов тонкой сортировки макулатуры по особой технологии, запатентованной А. А. Пекарцом [5-9], формируется в топливный брикет сверхвысокой плотности.

В лабораторных условиях Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, при стандартной технологии прессования, были проведены эксперименты по определению низшей теплоты сгорания комбинированного топлива, в соотношении 50/50, в калориметрической бомбе на двух разных поверенных калориметрах в учебной лаборатории. С учетом погрешностей средний результат составил – 14,2 МДж/кг при относительной влажности топлива в 6 %. Также была определена зольность топлива с помощью муфельной печи и составила 2,9 % рабочей массы топлива. Химический состав комбинированного топливного брикета, состоящего из твердых древесных отходов и отходов тонкой сортировки макулатуры, представлен в таблице.

Таблица – Химический состав комбинированного топливного брикета

Топливо	Низшая теплота сгорания $Q_{i_g}^i$, МДж/кг	Влажность, %	Зольность, %	Углерод, %	Водород, %	Азот, %	Кислород, %
Топливный брикет	14,2	6	2,9	47	4,5	0,6	39

В дальнейшем, с добавлением угольной пыли, химический состав изменится в каждом пункте, начиная от повышения теплотворной способности топлива, заканчивая добавлением в состав серы и повышения зольности топлива.

Для определения целесообразности внедрения данного топлива в промышленных масштабах необходимо провести ряд расчетов энергетической установки, в которой планируется сжечь топливо с дальнейшим полезным использованием выделившейся тепловой энергии. В нашем случае – это котлоагрегат с низкотемпературной вихревой топкой В. В. Померанцева [10]. В качестве примера был взят котел БКЗ-85-13, с паропроизводительностью 85 т/ч и давлением перегретого пара 1,3 Мпа. В данной энергетической установке необходимо рассчитать: материальный баланс процесса горения топлива, тепловой баланс котлоагрегата, тепловой поверочный расчет топочной камеры и остальных тепловоспринимающих поверхностей нагрева, аэродинамический расчет котлоагрегата, расчет вредных выбросов оксидов азота и в завершение – расчет экономического эффекта от перехода с полностью угольного топлива на топливо, предложенное в данной работе [11].

Следует отметить, что именно принципы двухступенчатого сжигания с использованием вихревых топков Померанцева лежат в основе эффективных систем сжигания древесных пеллет.

В основу технологии низкотемпературного вихревого сжигания 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 (рис. 2).

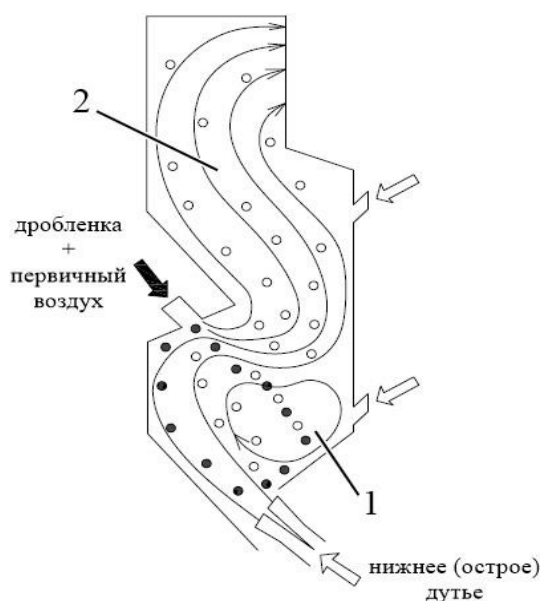


Рисунок 2 – Топочная камера НТВ

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 [10].

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°C) и за счет активной аэродинамики выровнять уровень температуры в объеме вихревой зоны. Применение вихревой топки позволяет нивелировать различия в скорости витания частиц каменного угля, древесины, целлюлозных и древесных отходов.

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 оксидов азота, а также повышают эффективность работы золоулавливающего оборудования котельной установки.

Благодаря совокупности инновационной технологии изготовления брикетов и использования низкотемпературной вихревой топки Померанцева, можно достигнуть положительных эффектов по улучшению экологической составляющей окружающей среды и по полезному использованию тепла, полученного из отходов производства путем сжигания в НТВ-топке, а также получить сопутствующий экономический эффект от этой технологической цепочки.

Список литературы

1. Hansen E., Panwar R., Vlosky R. The Global Forest Sector: Changes, Practices and Prospects // NY: CRC Press, Taylor & Francis Group. – 2017. – P. 462.
2. Forest Products Annual Market Review 2021-2022, UNECE, 70 p.; Forest Products Annual Market Review 2019-2020. – Forestry and Timber – UNECE, 82p.
3. Ежегодный обзор рынка лесных товаров, 2018–2019 годы. – Женева: ЕЭК ООН, 2020. – 173 с.
4. Древесина как источник энергии в регионе ЕЭК ООН: данные, тенденции и перспективы в Европе, Содружестве Независимых Государств и Северной Америке // FAO / ЕЭК ООН. – Нью-Йорк и Женева, 2018. – С. 111.
5. Пекарец А. А. Патенты РФ RU 2628602; RU 2596683; RU 2653513; RU 2678089. Пат. РФ № 2596683. Комплекс для непрерывной термообработки твердых мелких частиц, преимущественно дисперсных древесных материалов, и способы термообработки, реализуемые с помощью данного комплекса / Общество с ограниченной ответственностью «Прометей» // Оpubл. 10.09.2016. – БИ № 25.
6. Pekaretz A., Mandre Y., Vinogradov N., Akim E. Bio-refining of larch sawdust producing wood and wood-charcoal briquettes: scientific and technological aspects. EUBCE 2019, Lisbon 27-30 May 2019. // Proceedings 27th European Biomass Conference and Exhibition. –2019. – Portugal. P. 1887–1889.
7. Аким Э. Л., Мандре Ю. Г., Пекарец А. А. Изменение релаксационного состояния полимерных компонентов древесины при проведении ее высокотемпературного биорефайнинга // Химические волокна. –2019. – № 3. – С. 14–18.
8. Аким Э. Л., Пекарец А. А., Роговина С. З., Берлин А. А. Релаксационное состояние древесины и получение целлюлозных композитов энергетического назначения – древесных брикетов и пеллет // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2020. – №9. – С.1-8.
9. Пекарец А. А., Ерохина О. А., Новожилов В. В., Мандре Ю. Г., Аким Э. Л. Роль упруго-релаксационных свойств при получении древесных и древесноугольных брикетов // Лесной журнал. – 2020. – № 1. – С. 200–209.

10. Померанцев, В. В. Топки скоростного горения для древесного топлива [Текст] / канд. техн. наук В. В. Померанцев; М-во тяжелого машиностроения СССР. Главкотлотурбпром. Центр. науч.-исслед. ин-т им. И. И. Ползунова. – Москва; Ленинград: [Ленингр. отд-ние] Машгиза, 1948 (Л.: тип. «Профинтерн»). – 74 с.
11. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных установок [Текст]: учеб. пособие / С. Н. Смородин [и др.]; М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 200 с.

RECYCLING OF CARDBOARD AND PAPER CONTAINING CELLULOSE AND SYNTHETIC POLYMERS

V. A. Ryzhikov*, A. A. Pekarets, E. L. Akim

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: ryzhikov_vladimir@bk.ru*

Abstract. The possibility of joint utilization of wastes from pulp and paper enterprises containing synthetic polymers, with wood waste from woodworking enterprises is being considered. Fuel briquettes formed from such mixed wastes into third generation biofuels and ground to dust in a pulverizing system are suitable for co-firing with pulverized coal in swirl furnaces as a fuel with increased calorific value and reduced carbon footprint.

Keywords: *pulp, paper, ecology, sawdust, processing of woodworking waste, pulp and paper waste, recycling.*

References

1. Hansen E., Panwar R., Vlosky R. The Global Forest Sector: Changes, Practices and Prospects // NY: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2017. – P. 462.
2. Forest Products Annual Market Review 2021-2022, UNECE, 70 rubles; Forest Products Annual Market Review 2019-2020 - Forestry and Timber. – UNECE. – 82 p.
3. Forest Products Annual Market Review 2018-2019: Geneva: UNECE, 2020. – 173 p.
4. Wood as an energy source in the UNECE region: data, trends and prospects in Europe, the Commonwealth of Independent States and North America // FAO / UNECE. New York and Geneva, 2018. – C. 111.
5. Pekarets A. A. RF patents RU 2628602; EN 2596683; EN 2653513; RU 2678089. Pat. RF No. 2596683. Complex for continuous heat treatment of solid fine particles, mainly dispersed wood materials, and heat treatment methods implemented using this complex / Limited Liability Company "Prometheus" // Publ. 09/10/2016. BI No. 25.
6. Pekarets A., Mandre Y., Vinogradov N., Akim E. Bio-refining of larch sawdust producing wood and wood-charcoal briquettes: scientific and technological aspects. EUBCE 2019, Lisbon 27-30 May 2019. // Proceedings 27th European Biomass Conference and Exhibition. – 2019. Portugal. P. 1887—1889.
7. Akim E. L., Mandre Yu. G., Pekarets A. A. Changes in the relaxation state of the polymeric components of wood during its high-temperature biorefining. – 2019. No. 3. – C. 14-18.
8. Akim E. L., Pekarets A. A., Rogovina S. Z., Berlin A. A. Relaxation state of wood and the production of cellulose composites for energy purposes - wood briquettes and pellets. All materials. Encyclopedic reference book. – No. 9. – 2020. – Pp. 1-8.
9. Pekarets A. A., Erokhina O. A., Novozhilov V. V., Mandre Yu. G., Akim E. L. The role of elastic-relaxation properties in the production of wood and charcoal briquettes. – 2020. –No. 1. – P. 200-209.
10. Pomerantsev, V. V. Topki skorostnogo gorenija dlya drevesnogo topliva [Tekst] / kand. tekhn. nauk V. V. Pomerantsev; M-vo tyazhelogo mashinostroeniya SSSR. Glavkotloturboprom. Tsent. nauch. - issled. in-t im. I. I. Polzunova. – Moskva; Leningrad: [Leningr. otd-nie] Mashgiza, 1948. (L.: tip. "Profintern"). – 74 p.

11. Teplovoy i aerodinamicheskiy raschety kotel'nykh ustanovok [Tekst]: ucheb. posobie / S.N. Smorodin [i dr.] ; M-vo obrazovaniya i nauki RF, VShTE SPbGUPTD. – 5-e izd., pererab. i dop. - SPb.: VShTE SPbGUPTD, 2018. – 200 p.

УДК 676.2
ГРНТИ 66.45.33

БЕЗНОЖЕВОЙ РАЗМОЛ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МАКУЛАТУРНОГО СЫРЬЯ

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

Аннотация. Одной из основных современных экологических проблем является проблема переработки макулатурного сырья. Можно подумать, что России не нужно заниматься переработкой вторсырья, ведь земельные участки с лесными массивами занимают значительную территорию. Но использование идет такими быстрыми темпами, что данный вопрос встал очень остро. В статье рассмотрены основные преимущества выбора безножевого размолла и установки типа «струя–преграда», как наиболее эффективного способа обработки макулатурного сырья, которое уже не один раз подвергалась размолу. Также рассмотрены основные причины ухудшения бумагообразующих и физико-механических показателей готовой продукции из макулатуры.

Ключевые слова: бумага, экология, макулатура, переработка, безножевая установка типа «струя–преграда», размол.

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 вторсырья уменьшает объемы вырубki леса: в качестве сырья одна тонна макулатуры заменяет 2–4 м³ древесины или 4–7 деревьев. Что дает возможность сократить вырубку лесов на заготовку, лесовосстановление и доставку. Капитальные затраты на строительство производств, использующих макулатуру, в 2–4 раза ниже, чем затраты на производства, включающие целлюлозные заводы [1].

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 бумажно-картонной продукции. Тем самым снижаются транспортные расходы на сырье, продукцию и расходы на подготовку кадров [2].

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. Свалки часто самовозгораются, выделяя диоксины, токсины, которые отравляют воздух, почву, воду. Таким образом, выделение макулатуры из твердых бытовых отходов дает и экономический, и экологический эффект [2].

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:

- пониженной прочностью индивидуальных волокон;
- слабой способностью к образованию межволоконных связей и снижение способности к набуханию;
- повышенной восприимчивость к измельчению;
- наряду с целыми волокнами появляются волокнистая мелочь, разорванные, раздавленные с поперечными трещинами волокна [3].

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. Присутствие мелкой фракции обуславливает не только увеличение степени помола и ухудшение обезвоживания бумажной массы на сетке бумагоделательной машины, но и не позволяет нормализовать процесс размола для максимального восстановления бумагообразующих свойств вторичных волокон [4].

В связи с этим возникает необходимость в поиске новых способов обработки макулатурного сырья 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. Однако 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 [5].

Однако волокнистые полуфабрикаты, обработанные способами, исключаящими ножевое воздействие на волокно, имеют высокие прочностные показатели и поэтому наряду с усовершенствованием ножевых машин необходимо изучать и внедрять безножевые методы обработки волокон [6].

Безножевые аппараты «струя–преграда» (рис. 1) занимают значительное место при исследованиях оптимальных условий процесса разработки волокнистой суспензии для получения качественных видов бумаг, особенно из вторичного волокна.

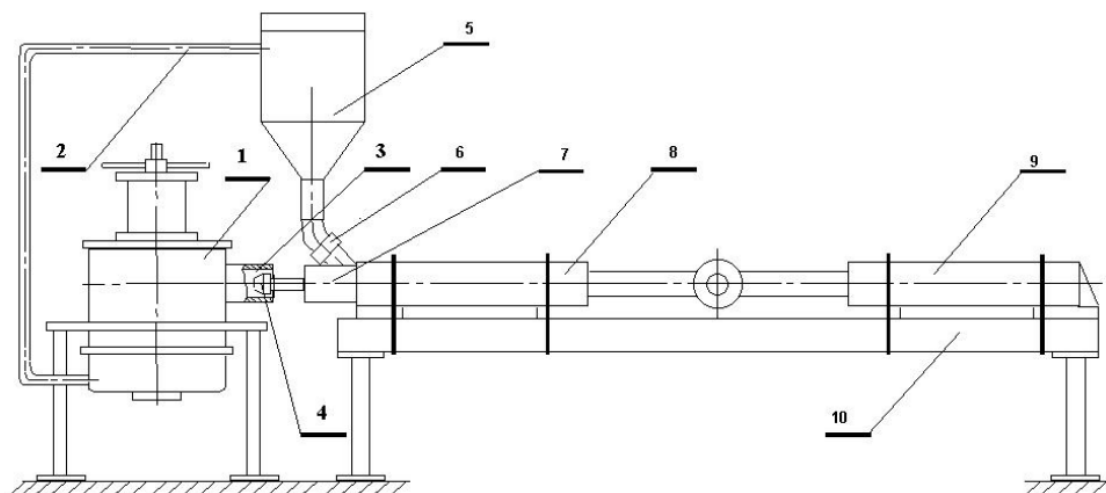


Рисунок 1 – Схема безножевой установки типа «струя–преграда»:
1 – камера гидродинамического размола; 2 – трубопровод возврата;
3 – раструб; 4 – насадка; 5 – емкость; 6 – всасывающий клапан;
7 – выпускной клапан; 8 – рабочий цилиндр; 9 – приводной цилиндр; 10 – рама

В аппаратах такого типа реализован принцип ударного воздействия волокон о твердую поверхность (рис. 2). Масса концентрацией 2–3 % из циркуляционной емкости центробежным насосом подается через коническое сопло 1 на преграду 2. Преграды могут быть неподвижными рифлеными (рис. 2а) и в виде вращающегося, о боковую поверхность которого разбивается струя массы (рис. 2б). В этих экспериментах струя массы выбрасывалась под давлением от 0,6 до 1,4 МПа. При многократном пропуске целлюлозной суспензии можно получить любую желаемую степень помола массы так же, как и в ножевых размалывающих машинах. Характер помола массы – жирный, длинноволоконистый. Происходит фибрилляция волокон и незначительное их укорочение. Наблюдается расщепление волокон и особенно их концов на более тонкие нити вдоль оси [7].

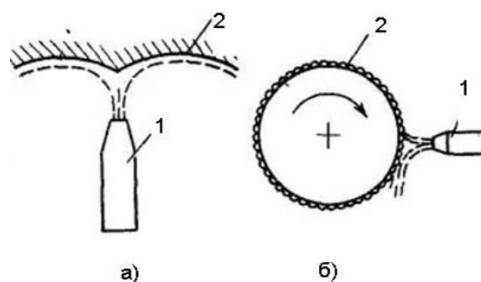


Рисунок 2 – Схема аппаратов типа «струя–преграда»:
а – с плоской рифленой преградой; б – с преградой в виде вращающегося цилиндра;
1 – сопло; 2 – преграда

На разработанной в СибГУ им. М. Ф. Решетнева на кафедре машин и аппаратов промышленных технологий безножевой установке данного типа 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 [8].

В то время как макулатурная масса при обработке ножевым способом способна выдержать лишь 4–5 циклов прежде, чем она станет непригодной к дальнейшему использованию [9].

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. При ножевом размолу ввиду повышенной жесткости волокон и пониженной способности их к набуханию снижаются бумагообразующие и физико-механические свойства, и применять ножевой размол нецелесообразно. Поэтому эффективного ведения процесса размола, а именно повышения качественных показателей волокнистой суспензии можно добиться с использованием безножевого воздействия на волокно на гидродинамической установке безножевого размола типа «струя–преграда».

Список литературы

1. Слизикова, Е. А. Рециклинг в целлюлозно-бумажной промышленности / Е. А. Слизикова, В. И. Шуркина, Р. А. Марченко // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сборник материалов по итогам Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 29 октября 2021 года. – Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГУ им. М. Ф. Решетнева», 2022. – С. 401-403.
2. Тартынский, П. С. Использование макулатуры в производстве / П. С. Тартынский, М. Т. Макридина // Молодежь и научно-технический прогресс: сборник докладов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых

ученых: в 4 т. – Губкин, 20 апреля 2017 года. – Губкин: ООО «Ассистент плюс», 2017. – С. 224-226.

3. Слизикова, Е. А. Сравнительный анализ бумагообразующих свойств волокнистых полуфабрикатов из различного макулатурного сырья / Е. А. Слизикова // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам CVII студенческой международной научно-практической конференции. (Новосибирск, 8 ноября 2021 года). – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская академическая книга», 2021. – С. 59-64.
4. Свиточ, Н. А. Утилизация и переработка макулатуры / Н. А. Свиточ // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 6. – С. 1-4.
5. Марченко Р. А. Интенсификация безножевого размола волокнистых полуфабрикатов в целлюлозно-бумажном производстве: дис...канд. техн. наук. – Красноярск, 2016. – 161 с.
6. Алашкевич, Ю. Д. Процесс безножевой обработки волокнистой суспензии в установке «струя-преграда» / Ю. Д. Алашкевич, Р. А. Марченко, Н. С. Решетова // Химия растительного сырья. – 2009. – № 2. – С. 157-164.
7. Вихарев С. Н. Теория и конструкция машин для размола волокнистых полуфабрикатов: учебное пособие / ФГБОУ ВПО УГЛУ. – Екатеринбург, 2014. – 31 с.
8. Слизикова Е. А. Исследование влияния циклов обработки на различные показатели макулатурной массы // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. CXIII междунар. студ. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2022. – № 5(112).
9. Пузырев С. С. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры // Журнал профессионалов ЛПК. ЛесПромИнформ. – 2006. – №3 (34).

KNIFE-FREE GRINDING AS THE MOST EFFECTIVE WAY TO PROCESS WASTE PAPER RAW MATERIALS

Е. А. Slizikova*, М. О. Ereemeev, V. I. Shurkina, R. A. Marchenko
Reshetnev Siberian State University of Science and Technolog, Krasnoyarsk
**E-mail: 905426521lena@mail.ru*

Abstract. One of the main modern environmental problems is the problem of recycling waste paper raw materials. One might think that Russia does not need to engage in recycling, because land plots with forests occupy a significant territory. But the use is going so fast that this issue has become very acute. The article discusses the main advantages of choosing a knife-free grinding and a "jet-barrier" type installation as the most effective way of processing waste paper raw materials that have been ground more than once. The main reasons for the deterioration of paper-forming and physico-mechanical parameters of finished products from waste paper are also considered.

Keywords: *paper, ecology, waste paper, recycling, knife-less installation of the "jet-barrier" type, grinding.*

References

1. Slizikova, E. A. Recycling in the pulp and paper industry / E. A. Slizikova, V. I. Shurkina, R. A. Marchenko // Forest and chemical complexes - problems and solutions: A collection of materials based on the results of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, October 29, 2021. – Krasnoyarsk: FSBO VO "SibGU named after M.F. Reshetnev", 2022. – pp. 401-403.
2. Tartynsky, P. S. The use of waste paper in production / P. S. Tartynsky, M. T. Makridina // Youth and scientific and technological progress: collection of reports of the X International Scientific and Practical Conference of students, postgraduates and young scientists: in 4 volumes, Gubkin, April 20, 2017. – Gubkin: LLC "Assistant plus", 2017. – pp. 224-226.
3. Slizikova, E. A. Comparative analysis of paper-forming properties of fibrous semi-finished products from various waste paper raw materials / E. A. Slizikova // Scientific community of students of the XXI century. Technical Sciences: collection of articles based on the materials of the

- CVII Student International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, November 08, 2021. – Novosibirsk: Limited Liability Company "Siberian Academic Book", 2021. – pp. 59-64.
4. Svitoch, N. A. Recycling and recycling of waste paper / N. A. Svitoch // Solid household waste. - 2006. – No. 6. – pp. 1-4.
5. Marchenko, R.A. Intensification of knife-free grinding of fibrous semi-finished products in pulp and paper production: dis...Candidate of Technical Sciences. – Krasnoyarsk, 2016. – 161 p.
6. Alashkevich, Yu. D. The process of knife-free processing of fibrous suspension in the "jet-barrier" installation / Yu. D. Alashkevich, R. A. Marchenko, N. S. Reshetova // Chemistry of plant raw materials. - 2009. – No. 2. – pp. 157-164.
7. Vikharev S.N. Theory and design of machines for grinding fibrous semi-finished products: textbook / FGBO VPO CORNER. – Yekaterinburg, 2014. – 31 p.
8. Slizikova E.A. Investigation of the effect of processing cycles on various indicators of waste paper mass // Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences: sat. art. on mat. CXIII international student. Scientific-practical conference No. 5(112).
9. Puzyrev S.S. Resource-saving technology of waste paper processing // Journal of LPK professionals. LesPromInform. – 2006. – №3 (34).

УДК 681.5.08
ГРНТИ 50.47.02

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ВОДЫ ДЛЯ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

М. О. Слюта*, А. В. Бахтин

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

**E-mail: marina_slyuta@mail.ru*

Аннотация. 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, её степень очистки в значительной степени определяет качество готовой продукции.

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

Ключевые слова: природная вода, водоочистная станция, производство бумаги, фильтр, обратная промывка, анализатор мутности.

В настоящее время водозабор для нужд производства «Кнауф Петроборд» происходит из реки Ижора. Станция подготовки свежей воды полностью автоматизирована: процесс очистки исходной воды контролируется автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУ ТП) «Asea Brown Boveri (ABB) 800 xA».

АСУ ТП «ABB 800 xA» полностью контролирует действие клапанов, насосов, программ для моторов и управляет контурами управления в зависимости от требований процесса очистки воды (рис. 1). Все компоненты оборудования установлены в режим автоматического управления.

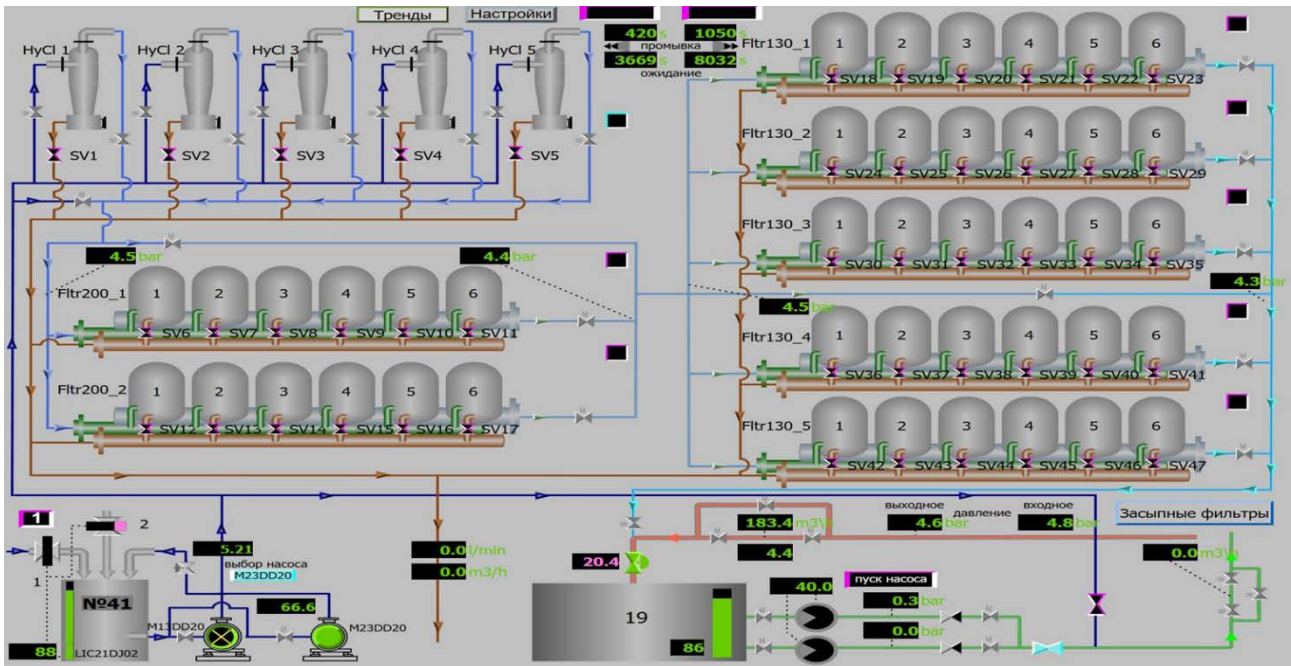


Рисунок 1 – Система управления дисковыми фильтрами

Фильтры предназначены для удаления из воды содержащихся в ней взвешенных веществ. Этот процесс осуществляется либо на поверхности, либо в глубине фильтрующего материала. Глубокое фильтрование осуществляется путем применения многослойных фильтрующих загрузок.

По мере загрязнения загрузка фильтров заполняется задержанной взвесью. Как только загрязнение фильтра станет чрезмерно большим или качество фильтрата начнет ухудшаться, фильтрующую загрузку следует промыть, чтобы восстановить ее первоначальные свойства. В противном случае эффективность работы фильтра будет быстро снижаться, что приведет к необходимости удаления этой загрузки из фильтра для ее полной очистки или замены.

Фильтр будет работать эффективно лишь в том случае, когда обеспечивается хорошее распределение в фильтрующей загрузке обрабатываемой и промывной воды, а также воздуха, если он используется. Эффективность работы фильтра зависит также от способа регулирования расхода воды. Не должно быть резких колебаний расхода воды на каждом из фильтров во время изменения общего расхода на станции или во время промывок. В противном случае взвешенные вещества, задержанные фильтрующей загрузкой, могут пройти через фильтр, вызвав преждевременный «проскок» [1].

Процесс загрязнения фильтра представляет собой постепенное блокирование свободного пространства фильтрующего материала. Если на входе в фильтр поддерживать постоянный напор, то в результате загрязнения расход фильтрата будет снижаться, чтобы производительность фильтра оставалась постоянной, напор на входе необходимо увеличивать.

Скорость загрязнения фильтра зависит от следующих факторов:

- природы задерживаемых частиц (чем больше взвешенных частиц содержится в жидкости, чем быстрее они могут укрупняться, тем выше будет скорость загрязнения фильтра);
- скорости фильтрования;
- характеристик фильтрующего материала: размера пор, однородности зерна по размерам, степени шероховатости и формы зерен фильтрующего материала.

Дисковый напорный фильтр «Arkal 4 Galaxy», показан на рисунке 2, предназначен для очистки воды от механических загрязнений, таких как песок, окалина, ржавчина, взвеси и т.д. в автоматическом режиме. Система контроля фильтра сама запускает фильтр в промывку, когда он загрязнился.

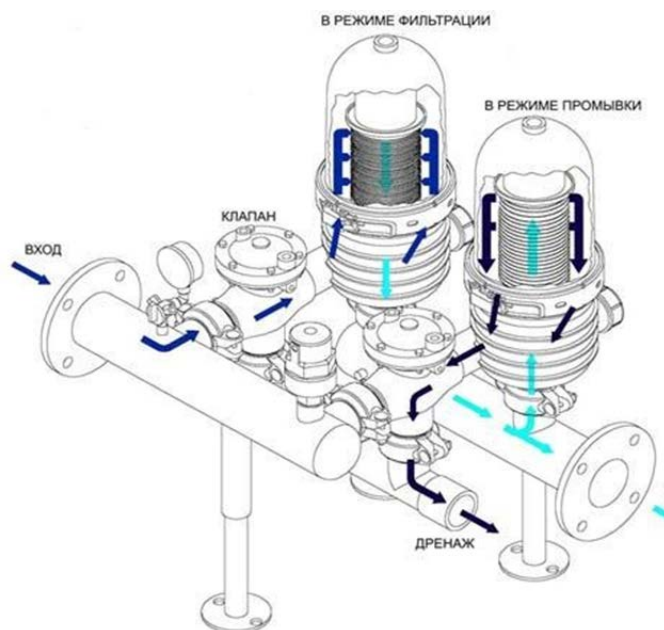


Рисунок 2 – Дисконный фильтр

Природная вода, за редким исключением, недостаточно чиста и без соответствующей обработки не может быть применена для коммунального или промышленного водоснабжения. Вследствие 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 водостанции, 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 [2].

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 результате проведенного исследования на картонно-делательном производстве было обнаружено, что среди измеряемых параметров воды нет показателя мутности. Поэтому для усовершенствования системы управления процессом водоподготовки была предложена установка новых средств измерения, а именно добавить в производственный процесс мутномеры.

Одним из критериев, определяющим достаточную для начала операции обратной промывки фильтра загрязненность песчаной загрузки, является величина мутности фильтрованной воды. Мутность фильтрованной воды определяется на выходе из фильтра специальным прибором – измерителем мутности (мутномером). Каждый фильтр опрашивается с периодичностью от 1 раза в 12 минут. В случае достижения измеренным

значением заранее запрограммированной величины (по мутности) фильтр автоматически переходит в режим обратной промывки.

Как правило, сразу же после обратной промывки фильтрованная вода имеет более низкие качественные параметры по мутности. В связи с этим функция мутности как фактор, инициирующий обратную промывку, будет подавлена в течение первых 30 минут после обратной промывки для данного фильтра. Иначе существует вероятность, что параметр «мутность» вызовет последующие промывки для данного фильтра.

Для этого идеально подойдет датчик от Endress + Hauser Turbimax CUS50D, показанный на рисунке 3.



Рисунок 3 – Turbimax CUS50D

Turbimax CUS50D – интеллектуальный датчик, обеспечивающий полностью автоматическую работу всех точек измерения на станциях очистки промышленных сточных вод и в технологических применениях. Одноточечная калибровка благодаря абсорбционному принципу измерения. Несколько встроенных аналитических моделей для адаптации датчика под конкретный технологический процесс. Благодаря цифровой технологии Memosens датчик Turbimax CUS50D поддерживает максимальную целостность процесса и данных, отличаясь при этом простотой управления. Он устойчив к коррозии и поддерживает возможность калибровки в лаборатории. Преимущества данного устройства:

- высокий уровень точности измерения и повторяемости для стабильного измерения – в среднем и высоком диапазоне измерения мутности;
- высокая химическая устойчивость, минимальное техническое обслуживание: головка датчика полностью имеет защитное покрытие с добавлением тефлона;
- датчик в надежном пластмассовом корпусе предназначен для использования в коррозионных средах или соленой воде;
- быстрый и простой ввод в эксплуатацию: датчик предварительно калибруется на заводе-изготовителе, имеет несколько встроенных моделей заводских калибровок и легко адаптируется с помощью одноточечной калибровки;
- автоматическая модель калибровки независимо подбирает оптимальную траекторию падения луча для каждого типа твердых частиц.

Также помимо добавления мутномера в производство, стоит заменить pH-метр на цифровой многопараметрический преобразователь Liquiline CM442. С помощью него, помимо контроля содержания кислотности в воде, можно контролировать хлор.

Liquiline CM442 – цифровой многопараметрический преобразователь для контроля и управления процессами во всех областях. Один-двух канальный контроллер обеспечивает экономию времени и денег за счет эффективной системы интеграции, простоты управления и уменьшения требуемых запасных частей.

При осуществлении обратной промывки существуют три параметра, определяющих, когда фильтр должен промываться:

- время между двумя обратными промывками составляет максимум до 48 часов;
- падение давления под фильтром;
- мутность воды.

Осуществление любого из этих трех требований вызывает включение программы обратной промывки данного фильтра. На рисунке 4 показан алгоритм работы промывки фильтров. Каждый фильтр на производстве проходит промывку. Конкретный фильтр рассматривается автоматически по трем параметрам. Если по одному из данных параметров не выполняется условие, фильтр идет на промывку. Если же все условия соблюдены, то выбирается следующий фильтр и цикл повторяется по такому же принципу.

В данной статье представлена модернизация системы управления участком водоподготовки АО «Кнауф Петербург». Результатом решения этой задачи будет являться внедрение нового средства измерения – мутномера в производственный процесс. Мутномер будет обеспечивать проверку воды по заданным критериям качества мутности и, следственно, по отклонениям нормы отправлять фильтры на обратную промывку.

Внеплановое обслуживание фильтров уменьшится, так как с помощью мутномера они будут забиваться реже и, следовательно, выход из строя фильтров сократится.

Последующая экономия на обслуживании данных фильтров будет составлять порядка 550000 рублей.

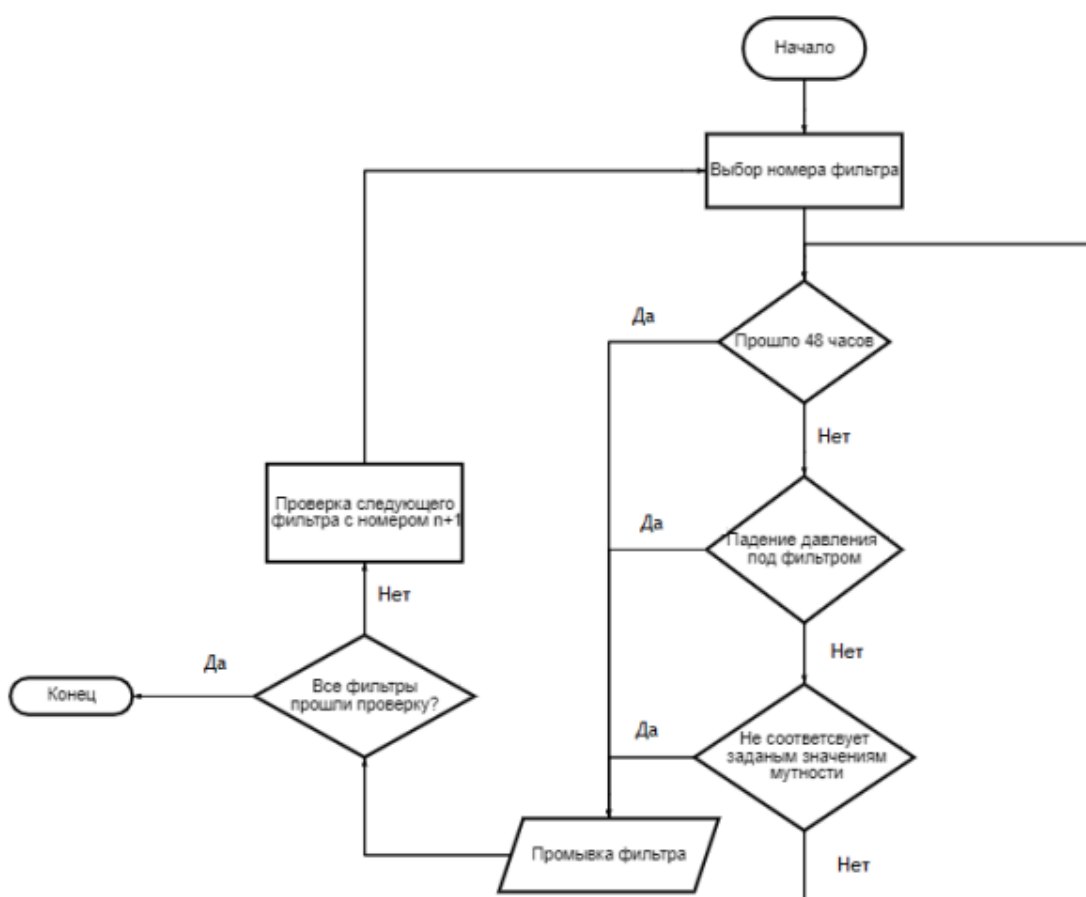


Рисунок 4 – Алгоритм промывки фильтра

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.

Список литературы

1. Харазов В. Г., Кондрашков Г. А., Хмельницкий А. К. Технология целлюлозно-бумажного производства: справочные материалы. Т. 3: Автоматизация, стандартизация, экономика и охрана окружающей среды в ЦБП. Ч. 1. Автоматизация, стандартизация и экономика в ЦБП / [В. Г. Харазов, Г. А. Кондрашков, А. К. Хмельницкий и др.]. СПб.:СПбЛТА, 2008. – 621 с.
2. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины. – М.: Лесная промышленность», 1970. – С. 624.

IMPROVEMENT OF THE PROCESS WATER QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR PAPER PRODUCTION

M. O. Slyuta*, A. B. Bakhtin

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: marina_slyuta@mail.ru*

Abstract. Every year the pulp and paper industry introduces more and more modern technologies, equipment, uses the latest techniques to achieve better quality of the final product and its environmental safety.

Industrial water treatment and purification is one of the most important tasks for production. At the enterprises of the pulp and paper industry a large amount of water is used for paper production, its degree of purification largely determines the quality of the finished product.

In this article the water treatment section and equipment of the carton-polygraphic plant are considered, new equipment is presented and the economic effect of modernization of the water treatment control system is calculated.

Keywords: natural water, water treatment plant, paper production, filter, backwash, turbidity analyzer.

References

1. Harazov V. G., Kondrashkov G. A., Hmel'nickij A. K. Tekhnologiya cellyulozno-bumazhnogo proizvodstva. – Т. 3: Avtomatizaciya, standartizaciya, ekonomika i ohrana okruzhayushchej sredy v CBP. – Ch. 1. Avtomatizaciya, standartizaciya i ekonomika v CBP, 2008. – 621 p. (In Russian).
2. Eydlin I. Ya. Bumagodelatel'nye i otdelochnye mashiny, izd. 3-e, ispr. i dop., izd-vo «Lesnaya promyshlennost'», 1970. – 624 p. (In Russian).

УДК 681.51

ГРНТИ 50.43.15

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА НА АО «КОНДОПОЖСКИЙ ЦБК»

М. О. Слюта*, В. С. Левинцева, О. А. Иванова

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

**E-mail: marina_slyuta@mail.ru*

Аннотация. Качество бумаги определяется набором механических и печатных свойств, зависящих от ее сорта и назначения. Значительное влияние на производство бумаги оказывает неровность профиля, вес 1 м², влажность и толщина. Нестабильность этих

параметров приводит к увеличению объема брака, обрывов полотна, вызывает осложнения при его плотной и ровной намотке на накате БДМ, что приводит к росту изъянов внутри рулона и, как следствие, к срыву сроков поставки готовой продукции потребителю.

Для поддержания всех необходимых параметров качества бумаги в установленных значениях существует сложная система CD-control (управление по ширине полотна). Исследование такой системы проводилось на различных БДМ АО «Кондопожский ЦБК». Результаты исследования представлены в данной работе.

Ключевые слова: производство бумаги, качество бумаги, автоматизация, газетная бумага, свойства бумаги, параметры полотна, датчики.

АО «Кондопожский ЦБК» – ведущий производитель газетной бумаги в России и в странах Европы. Комбинат основан в 1929 году. Промплощадка предприятия расположена в Северо-Западном Федеральном округе России, в г. Кондопога Республики Карелия. Газетная бумага Кондопожского ЦБК удостоена «Знака качества XXI века» платинового достоинства.

На сегодняшний день АО «Кондопожский ЦБК» представляет собой современный производственный комплекс с высоким уровнем автоматизации и механизации технологических процессов, оснащенный оборудованием ведущих европейских производителей.

Основной деятельностью Кондопожского ЦБК является производство газетной бумаги, однако, помимо этого, на ЦБК производятся следующие изделия: бумага для внутренних слоев гофрированного картона, бумага потребительская, бумага оберточная, дрожжи кормовые, лигносульфонаты технические.

В ходе исследовательской работы рассматривалось производство газетной бумаги. Для производства высококачественной бумаги необходимо, чтобы ее свойства соответствовали стандартам в зависимости от сорта и назначения. Наибольшее влияние на готовый продукт оказывают такие параметры, как неровность профиля, вес 1 м², влажность и толщина бумажного полотна. Главной проблемой в поддержании значений является тот факт, что влияние на итоговый продукт оказывают все этапы производства, то есть система управления качеством должна быть интегрирована в каждый отдел БДМ [1].

К числу важнейших задач автоматизации процесса производства бумаги относится регулирование основных параметров по ширине полотна бумагоделательных машин. В ходе исследовательской работы был изучен процесс работы системы CD-control (управление по ширине полотна).

Исследование проходило в несколько этапов: опрос персонала ЦБК, контролирующего работу системы, наблюдение за процессом производства, изучение данных систем автоматизации технологического процесса.

По результатам опроса персонала ЦБК, выполняющего контроль за работой системы CD-control, можно сделать вывод о том, что система интегрирована во все этапы производства газетной бумаги.

Интеграцию системы можно разбить на три уровня, аналогично уровням автоматизации технологического процесса: нижний – сканирующее устройство, оснащенное датчиками, средний – контроллеры и актуаторы, корректирующие основные параметры бумажного полотна, верхний – рабочее место оператора, позволяющее следить за работой системы.

В результате наблюдения за процессом производства в ходе исследовательской работы был сделан вывод, что основной частью системы CD-control является сканирующее устройство, движущееся поперёк бумажного полотна, общий вид сканера представлен на рисунке 1.

Данный вывод сделан на основе того, что сканер выполняет контроль за основными параметрами бумажного полотна, далее представлено описание его работы.



Рисунок 1 – Сканирующее устройство

На подвижных головках сканера расположены датчики для измерения основных параметров: вес 1 м^2 , влажность и толщина бумажного полотна, рассмотрим их работу подробнее.

Для измерения веса бумаги применяется радиоизотопный датчик, схема которого представлена на рисунке 2.

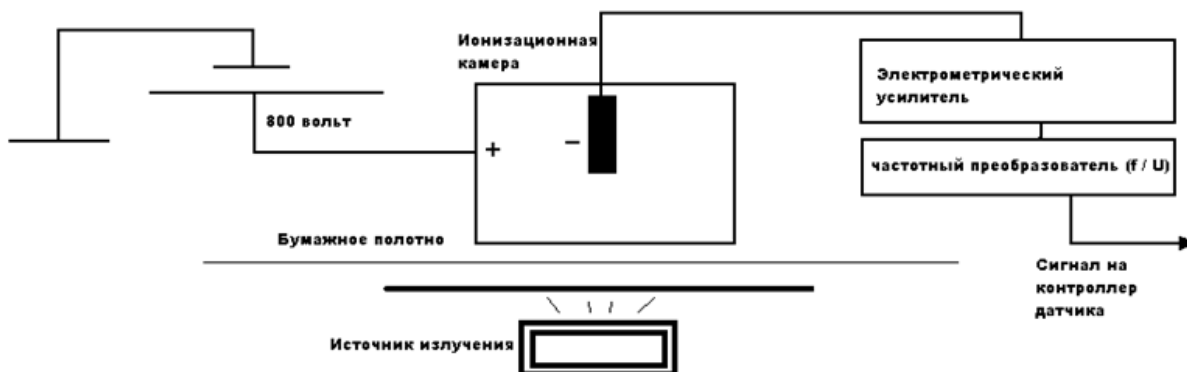


Рисунок 2 – Схема датчика веса

Датчик веса определяет степень поглощения электронов, испускаемых радиоактивным источником, бумажным листом, помещённым между источником излучения и детектором.

Измерение производится путём сравнения измерительного и эталонного сигналов детектора.

На наружную стенку ионизационной камеры (детектора), заполненной инертным газом аргоном, подаётся высокое (порядка 800 вольт) напряжение. Поток электронов бета излучения, проходящий через камеру, ионизирует газ и вызывает слабый электрический ток между заземлённым центральным электродом и стенкой камеры.

Ток усиливается электрометрическим усилителем, обладающим высоким входным сопротивлением и, соответственно, высокой чувствительностью измерения [1].

Усиленное напряжение подаётся на вход частотного преобразователя, обрабатывающего серию прямоугольных импульсов с частотой, пропорциональной входному напряжению.

Далее сигнал поступает на вычислительное устройство (контроллер датчика), которое вычисляет величину массы бумаги на единицу её площади.

На «Кондопожском ЦБК» для измерения влажности бумаги используется инфракрасный датчик фирмы «АВВ».

Работа датчика основана на явлении высокого поглощения водой, на длине волны $\lambda = 1,9$ микрона, инфракрасного излучения.

Волокна бумаги поглощают эти волны примерно одинаково. Поэтому количество имеющейся воды можно определить путём сравнения относительного поглощения на указанных длинах волн.

Схема датчика влажности представлена на рисунке 3.

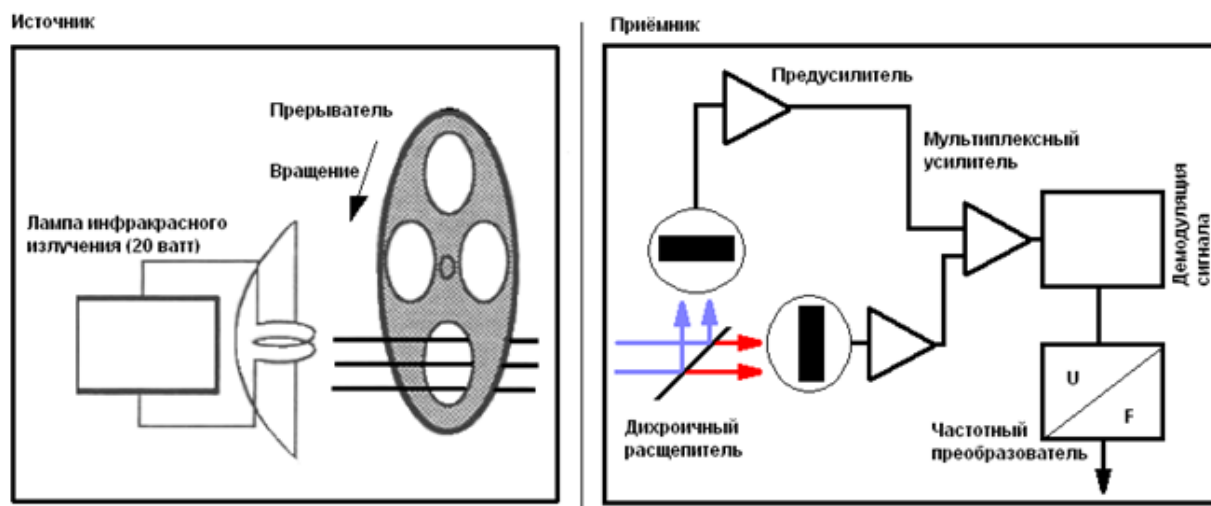


Рисунок 3 – Схема датчика влажности

Датчик состоит из источника излучения (проекционной лампы), приёмника и специального фильтра. Свет от источника фильтруется с целью удаления большей части видимого излучения и модулируется по амплитуде при помощи вращающегося металлического диска (прерывателя).

Проходя через бумагу свет не только поглощается бумагой и водой, но и рассеивается, отклоняясь от прямого пути. Величина рассеяния быстро возрастает при увеличении веса бумаги до 200 г/м^2 . Повышенная влажность бумаги может снизить рассеяние.

Пройдя бумажное полотно, поток света попадает в дихроичный расщепитель, который пропускает свет на длине волны около $\lambda = 1,8$ микрона и отражает его (под углом 90°) на более низких длинах волн. Далее переданный световой сигнал проходит через фильтр с узкой полосой пропускания $\lambda = 1,9$ микрон. Отражённый свет пропускается через полосной фильтр, настроенный на длину волны $\lambda = 1,7$ микрон [2].

Оба сигнала приходят на чувствительные к инфракрасному излучению сернисто-свинцовые фоторезисторы, которые являются делителями напряжения. Изменение уровня световой энергии, падающей на фоторезисторы, обуславливает изменение напряжения.

Сигнал усиливается мультиплексным усилителем, демодулируется и преобразуется в напряжение постоянного тока, которое подаётся на частотный преобразователь, генерирующий прямоугольные импульсы.

Далее сигнал поступает на плату последовательного ввода, для последующей передачи на главный контроллер.

Для измерения толщины бумаги предназначен контактный датчик, фото которого представлено на рисунке 4.

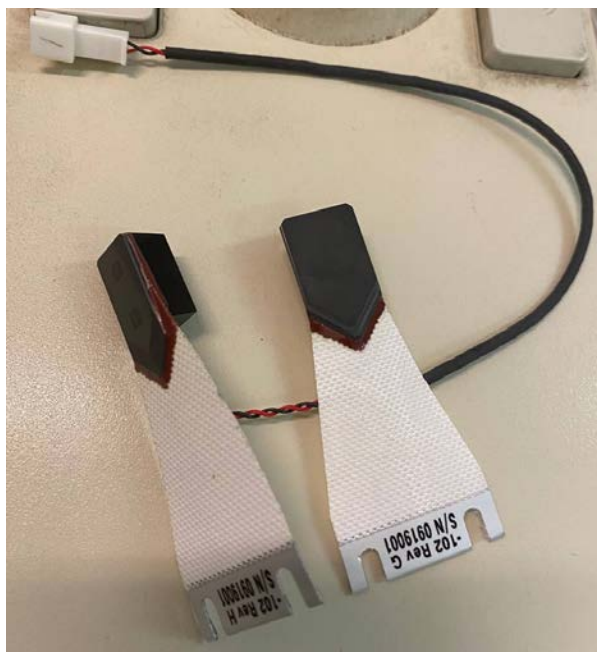


Рисунок 4 – Фото датчика толщины

Чувствительными элементами датчика являются специальные пластины, расположенные между бумажным полотном. Верхняя пластина выполнена из ферромагнитного материала, а нижняя содержит в себе катушку индуктивности.

Пластины прижимаются к бумаге воздушными потоками. Управление воздухом осуществляется с помощью клапанов – соленоидов.

Изменение толщины листа бумаги вызывает увеличение расстояния между верхней и нижней пластиной (рис. 5). Тем самым, изменяется величина магнитного потока, проходящего через катушку L и, как следствие, индуктивность катушки.

При сканировании свойств бумажного полотна образуется некоторая аддитивная смесь результатов измерения в продольном и поперечном направлениях, что следует из самой схемы сканирования, представленной на рисунке 6.

За время t перемещения головки сканера со скоростью V_c от одного края полотна до другого через зону измерения проходит движущееся со скоростью V_b полотно бумаги длиной $l = V_c \cdot t$, и фактически зоной измерения оказывается диагональная полоса. Поскольку управление техническими показателями в продольном и поперечном направлениях производится с помощью различных технических средств, то результаты измерений, получаемые в процессе сканирования, разделяются в контроллере сканера на составляющие, соответствующие данным направлениям.

Измерительные устройства вычисляют значение того или иного параметра по всей ширине бумаги. Платы-контроллеры обрабатывают его и через сетевой модуль передают главному контроллеру.



Рисунок 5 – Схема работы датчика толщины

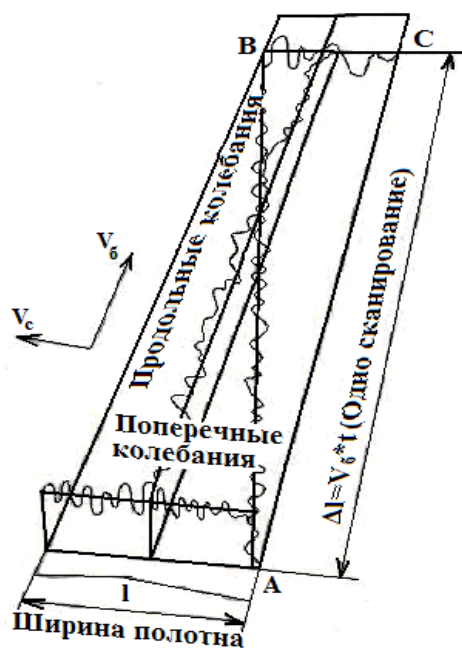


Рисунок 6 – Схема сканирования

Главный контроллер на основе полученных данных со сканера формирует управляющий сигнал на актуаторы. Таким образом выполняется корректировка основных параметров бумажного полотна.

Данные со сканера, положение актуаторов и другие параметры отображаются на рабочем месте оператора, помимо этого, есть возможность изменения пределов отслеживаемых параметров.

В ходе научно-исследовательской работы были изучены основные параметры бумаги по ширине полотна и их влияние на качество готовой продукции, а также работа системы автоматического регулирования CD-control. Используемая на АО «Кондопожский ЦБК» система управления качеством бумаги имеет сложную структуру, позволяющую выполнять поддержание необходимых параметров в заданных пределах на всех этапах производства.

Список литературы

1. Вьюков И. Е. Автоматизация технологических процессов целлюзно-бумажной промышленности: учебное пособие для вузов. – М.: Лесная пром-сть, 1983. – 384 с.
2. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины. Лесная промышленность, 1970. – 624 с.

RESEARCH OF THE PAPER WEB QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AT KONDOPOGA PPM JSC

M. O. Slyuta*, V. S. Levintseva, O. A. Ivanova

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: marina_slyuta@mail.ru*

Abstract. The quality of paper is determined by a set of mechanical and printing properties, depending on its grade and purpose. The unevenness of the profile, the weight of 1 m², humidity and thickness have a significant impact on the production of paper. The instability of these parameters leads to an increase in the volume of scrap, breaks of the canvas, causes complications when it is tightly and evenly wound on the roll of the paper machine, which leads to an increase in defects inside the roll and, as a consequence, disruption of the delivery of finished products to the consumer.

To maintain all the necessary paper quality parameters in the set values, there is a complex CD-control system (control over the width of the canvas). The study of such a system was carried out at various paper machines of Kondopoga PPM JSC. The results of the study are presented in this work.

Keywords: paper production, paper quality, automation, newsprint, paper properties, canvas parameters, sensors.

References

1. V'yukov I. E. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov tsellyuzno-bumazhnoy promyshlennosti: Uchebnoe posobie dlya vuzov. – М.: Lesnaya prom-st', 1983.– 384 p. (In Russian).
2. Eydlin I. Ya. Bumagodelatel'nye i otdelochnye mashiny, izd. 3-e, ispr. i dop., izd-vo «Lesnaya promyshlennost'», 1970. – 624 p. (In Russian).

УДК 676.157

ГРНТИ 66.45.03

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

А. В. Ушаков*, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск*

**E-mail: al.usahkov2194@mail.ru*

Аннотация. 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 размолла волокнистого полуфабриката. В представленной работе показаны результаты изменения средней длины волокна целлюлозы из лиственных пород древесины, размол которой

осуществлялся при высокой концентрации с использованием различных конструкций гарнитур.

Ключевые слова: размол, бумагообразующие свойства, средняя длина волокна, высокая концентрация, размалывающая гарнитура.

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 размолу волокнистых суспензий низкой концентрации от 2 до 3 % наиболее высокие количественные значения средней длины волокна при равных степенях помола наблюдаются при концентрации волокнистых суспензий 3 % [1].

Анализ литературных источников показал [2, 3], что размол волокнистой массы при высокой концентрации (от 5 % и выше) может найти широкое применение для целлюлозы, состоящей из коротковолокнистых пород древесины и однолетних растений, так как позволяет в большей мере сохранить исходную длину волокна.

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 концентрации волокнистой массы 20 % [2]. Данное явление объясняется прежде всего тем, что при размолу 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. Некоторые исследователи склонны полагать [3, 4], что размол волокнистой массы при высокой концентрации характеризуется большой однородностью обработки волокон, а межволоконное трение фактически играет ключевую роль в процессе их разработки. При этом вопросы, связанные с влиянием конструкции гарнитуры на качество помола массы, отводятся на второстепенное место и исследуются не в полной мере.

Для исследования вопросов, связанных с изменением средней длины волокна при размолу массы высокой концентрации с учетом конструктивных особенностей размалывающих гарнитур, на кафедре МАПТ СибГУ им. М. Ф. Решетнева были проведены экспериментальные исследования. Лабораторный размол осуществлялся с использованием дисковой мельницы, представленной на рисунке 1. Размолу подвергалась сульфатная беленая целлюлоза из листовых пород древесины (полуфабрикат предприятия 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. Для определения средней длины волокна использовался анализатор волокна *Morfi neo*.

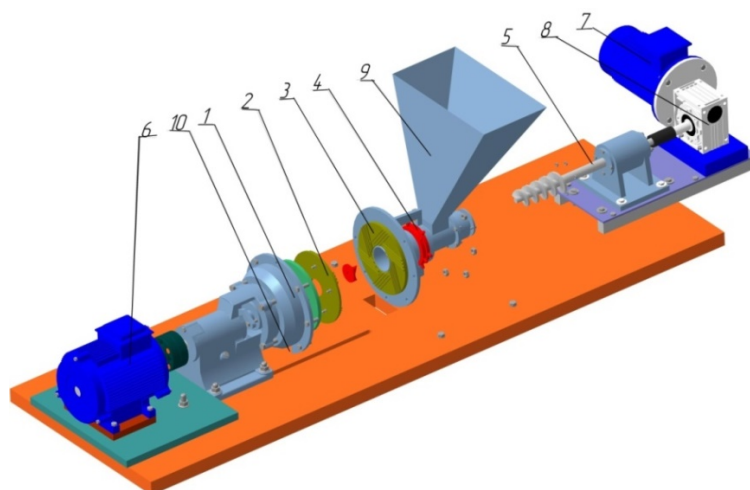


Рисунок 1 – Схема дисковой мельницы:

- 1 – зона размола; 2 – ротор, 3 – статор, 4 – присадочное устройство; 5 – шнековый питатель;
 6 – электродвигатель ротора; 7 – электродвигатель привода шнекового питателя;
 8 – червячный редуктор; 9 – бункер; 10 – выходное отверстие

Для исследования влияния конструкции гарнитуры на среднюю длину волокна при размоле массы высокой концентрации были использованы две традиционные гарнитуры с прямолинейной формой ножей (рис. 2) и гарнитура с окружной формой ножей, конструкция которой обеспечивает более высокую транспортировку массы высокой концентрации в зоне размола [5].

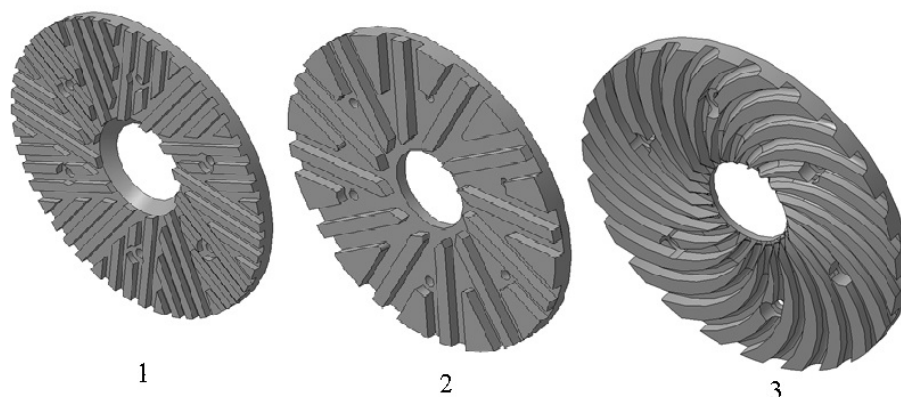


Рисунок 2 – Конструкции размалывающих гарнитур:

- 1 – секторная с прямолинейной формой ножей; 2 – с прямолинейными ножами и равномерным их распределением; 3 - с эксцентрично окружными ножами

Исследуемые гарнитуры отличались между собой такими технологическими показателями, как количество ножей, суммарной длиной режущих кромок, секундной режущей длиной, площадью контакта ножей. Технические характеристики гарнитур представлены в таблице.

Таблица – Технические характеристики размалывающих гарнитур

Показатель	Гарнитура		
	Секторная с прямолинейной формой ножей	С прямолинейными ножами и равномерным их распределением	С окружной формой ножей [5]
Количество ножей ротора и статора, шт	96	48	48
Суммарная длина режущих кромок ножей, м	4,4	2,2	1,96
Секундная режущая длина при частоте вращения ротора 2000 об/мин, (м/с)	42240	33792	37785
Площадь контакта ножей, м ²	0,0091	0,007	0,019

На рисунке 3 представлены графики зависимости изменения средней длины волокна от роста степени помола при концентрации волокнистой массы от 10 % до 20 % с использованием различных конструкций гарнитур.

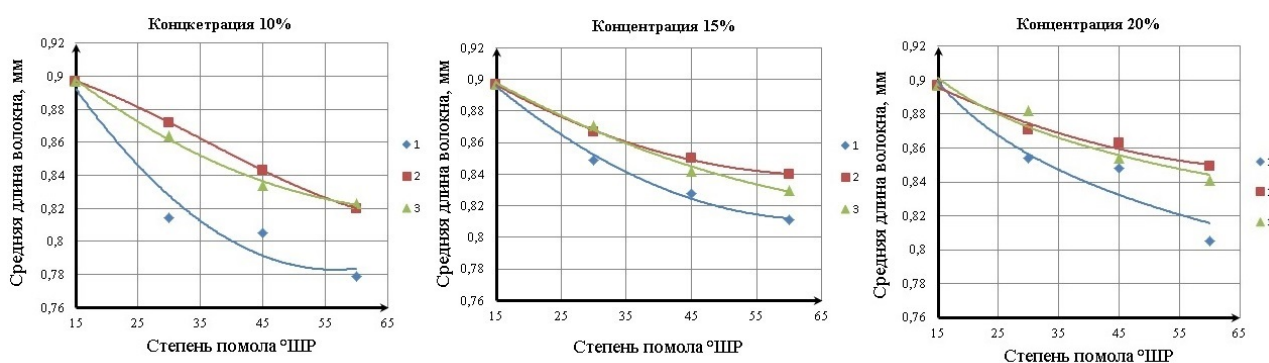


Рисунок 3 – Зависимость средней длины волокна от степени помола при различной концентрации волокнистой массы с использованием различных конструкций гарнитур:

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

Анализируя графики зависимости изменения средней длины волокна (рис. 3), можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением концентрации волокнистой массы от 10 до 20 % наблюдается некоторая сохранность исходной длины волокна независимо от конструкции гарнитуры. Незначительное уменьшение средней длины волокна наблюдается с ростом степени помола по шкале Шоппер–Риглера;

2. Сравнивая гарнитуру с окружной формой ножей и традиционные гарнитуры с прямолинейной формой ножей, можно отметить, что средняя длина волокна при размоле выше при использовании традиционных гарнитур. Вместе с тем для гарнитуры с окружной формой ножей наблюдается более высокий показатель индекса фибрилляции, что подтверждает более высокие показатели качества помола массы [6].

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Глубокой переработки растительного сырья» проекта «Технология и оборудование химической переработки биомассы растительного сырья» (номер темы FEFE-2020-0016).

Список литературы

1. Изучение характеристик лиственной целлюлозы после ножевого размола / Д. Е. Зырянов, Н. С. Решетова, В. А. Севергин, Ю. Д. Алашкевич. // Лесной и химический комплекс проблемы и решения: сборник материалов по итогам Всероссийской науч.-прак. конф. (29 октября 2021, г. Красноярск.). – Красноярск, 2022. – С. 366 - 369.
2. Матвеев, Б. П. Исследование основных факторов процесса размола сульфатной небеленой целлюлозы в дисковой мельнице при высокой концентрации: дис.... канд. тех. наук 05.21.03 / Б. П. Матвеев. – Ленинградский технологический институт целлюлозно-бумажной промышленности, 1974. – 158 с.
3. Рейска, Р. А. Размол березовой сульфатной целлюлозы высокой концентрации / Р. А. Рейска, Ю. Г. Бутко. – Текст: непосредственный // Бумажная промышленность. – 1972. – № 3. – С. 4-5.
4. Gurnagul, N., Shuohui, J., Shallhorn, P. Optimizing High consistency Refining Conditions for Good Sack Paper Quality // Article in Appita Annual Conference. Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment, 2005. Pp. 379 – 386.
5. Патент № 2761545 С1 Российская Федерация, МПК D21D 1/30, B02C 7/00. Размалывающая гарнитура: № 2021112036: заявл. 26.04.2021: опубл. 09.12.2021 / Алашкевич Ю. Д., Ковалев В. И., Кожухов В. А., Ушаков А. В.; заявитель СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – 10 с. – Текст: непосредственный.
6. Влияние бумагообразующих свойств на прочностные характеристики отливок при размоле массы высокой концентрации / А. В. Ушаков, Ю. Д. Алашкевич, В. А. Кожухов, В. И. Ковалев // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: материалы III Международной научно-технической конференции молодых учёных и специалистов ЦБП (Санкт-Петербург, 8 ноября 2021 года) / Ред. О. В. Фёдорова; А. Г. Кузнецов; М-во науки и высшего образования РФ, С.-Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – Санкт-Петербург: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. – Том II. – С. 29 – 33.

CHANGE IN THE AVERAGE LENGTH OF THE FIBER DURING REFINING OF A MASS OF HIGH CONSISTENCE USING VARIOUS REFINER DESIGN

A. V. Ushakov*, Y. D. Alashkevich, V. A. Kozhukhov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk

**E-mail: al.usahkov2194@mail.ru*

Abstract. Fiber length is one of the most important characteristics of cellulose, which largely determines the strength properties of the finished paper product. A promising way to improve the preservation of the original fiber length is to grind the mass of a high concentration (from 5% and above). In the present work, the results of changing the average fiber length of sulphate bleached hardwood pulp milled at high concentration using various set designs are shown.

Keywords: refining, paper-forming properties, average fiber length, high consistence, refining disk.

References

1. Izuchenie kharakteristik listvennoy tsellyulozy posle nozhevogo razmola [Study of the characteristics of hardwood pulp after knife refining] Lesnoy i khimicheskiy kompleks problemy i resheniya: sbornik materialov po itogam Vserossiyskoy nauch.-prak. konf. [Forest and chemical complex problems and solutions: a collection of materials based on the results of the All-Russian scientific and practical. conf.]. (October 29, 2021, Krasnoyarsk). - 2022. – P. 366-369. (In. Russ.)
2. Matveev, B.P. Issledovanie osnovnyh faktorov processa razmola sul'fatnoj nebelenoj celljulozy v diskovoj mel'nice pri vysokoj koncentrácii: dis. kand. teh. Nauk [*Investigation of the main factors of the process of grinding kraft unbleached pulp in a disk mill at a high concentration*]

- 05.21.03 / Matveev Boris Petrovich – M.: Leningradskij Tehnologicheskij Institut Celljulozno Bumazhnoj Promyshlennosti, 1974. – 158 p.
3. Reyska, R. A. Razmol berezovoy sul'fatnoy tsellyulozy vysokoy kontsen-tratsii [*Refining of birch sulfate pulp of high consistence*] / R. A. Reyska, Yu. G. Butko. – Tekst: neposredstvennyy // Bumazhnaya pro-myshlennost'. – 1972. – № 3. – S. 4-5. (In Russia)
4. Gurnagul, N., Shuohui, J., Shallhorn, P. Optimizing High consistency Refining Conditions for Good Sack Paper Quality // Article in Appita Annual Conference. Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment, 2005. – Pp. 379 – 386.
5. Patent № 2761545 C1 Rossiyskaya Federatsiya, MPK D21D 1/30, B02C 7/00. Alashkevich Yu. D., Kovalev V. I., Kozhukhov V. A., Ushakov A. V. Razmalyvayushchaya garnitura [*Refining disk*]: № 2021112036: zayavl. 26.04.2021: opubl. 09.12.2021 / zayavitel' SibGU im. M.F. Reshetneva. – 10 s. (In Russia).
6. Vlijanie bumagoobrazujushhih svojstv na prochnostnye harakteristiki otlivok pri razmole massy vysokoy koncentracii [*Influence of paper-forming properties on strength characteristics of castings at grinding of mass of high concentration*] / A. V. Ushakov, Ju. D. Alashkevich, V. A. Kozhuhov, V. I. Kovalev // Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii molodyh uchjonyh i specialistov CBP «Sovremennaja celljulozno- bumazhnaja promyshlennost'. Aktual'nye zadachi i perspektivnye reshenija» (Sankt-Peterburg, 8 nojabrja 2021 goda) / Red. O.V. Fjodorova; A.G. Kuznecov; M-vo nauki i vysshego obrazovanija RF, S.-Peterb. gos. un-t prom. tehnologij i dizajna, Vyssh. shk. tehnologii i jenergetiki. - Sankt-Peterburg: VShTJe SPbGUPTD, – Tom II. - 2022. – Pp 29 – 33.

УДК 579.26
ГРНТИ 34.27.23

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ ДОН ПО ЗООБЕНТОСНЫМ ОРГАНИЗМАМ

Н. Р. Федюченко*, И. В. Антонов

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

**E-mail: Nikitoskolobos@gmail.com*

Аннотация. В работе отражены результаты оценки качеств экосистем реки Дон, в зоне влияния города Ростов-на-Дону, методом биоиндикации по зообентосным организмам. Пробы грунта отбирались 18 августа в 14.00 в трех разных точках. Результаты подсчёта качественных и количественных характеристик зообентоса использовались при определении качества воды по таким индексам, как индекс Гуднайта-Уотлея, Вудивисса и Переле.

Ключевые слова: река Дон, биоиндикация, зообентосные организмы, гидробиологические индексы, уровень загрязнения.

Общая протяженность реки Дон 1870 километров. Она является пятой по протяженности рекой в Европе. Площадь бассейна Дона превышает 440 тысяч километров. Дон берет начало от небольшого ручья Урванка в городе Новомосковское Тульской области, протекает через ее территорию, а также территории Липецкой, Волгоградской областей, пересекает Воронежскую и Ростовскую области, впадая в Азовское море.

Можно выделить несколько значений реки Дон для города Ростов-на-Дону:

1. Судоходный водный путь, погодные условия не приводят к замерзанию реки, поэтому суда отправляются круглогодично.
2. Воду из реки используют в сельском хозяйстве (орошение и разведение рыбы и водоплавающих птиц).

3. Использование воды в промышленности (на побережье города находятся крупные промышленные зоны).

4. Рекреационная зона (на территории города есть 19 оборудованных пляжей, а также 3 озелененных парка).

5. Отведение сточных вод в таких видах промышленности, как микроэлектроника, химическая промышленность, топливная промышленность, металлообрабатывающая промышленность, пищевая промышленность и хозяйственно-бытовые стоки.

Особое внимание стоит уделить тому, что Ростов-на-Дону является крупным промышленным портом, через который проходит более 1000 кораблей в год. Так как 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 [1]. А также на территории города расположено несколько крупных промышленных предприятий, которые оказывают влияние на экосистемы реки. Эти объекты отмечены на рисунке 1.

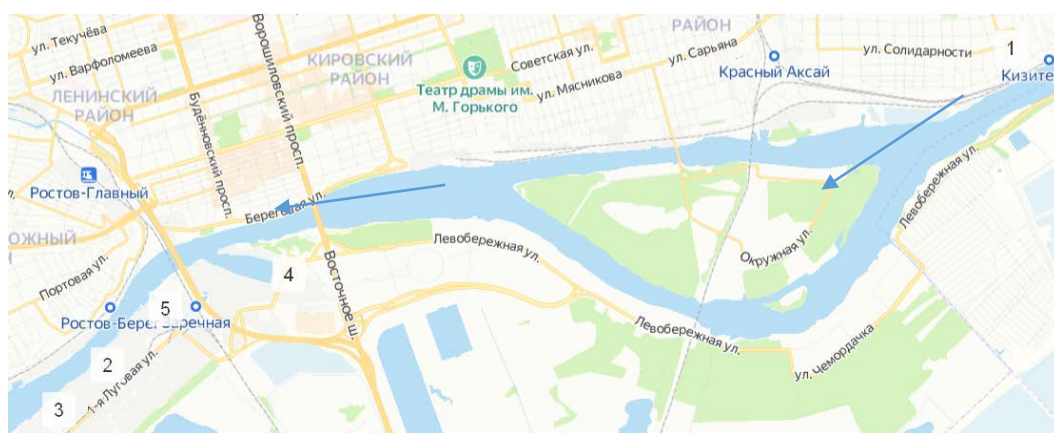


Рисунок 1 – Карта города с отмеченными промышленными объектами:

1 – ООО РЗЭ (Ростовский завод электроники); 2 – табачная фабрика «ЗАО Донской табак»; 3 – ООО ЛАДА-ЛИСТ Ростовский офис (производство однослойных и многослойных пластиков); 4 – судоремонтный завод ОАО «Моряк»; 5 – ООО «Донской порт»

Антропогенное загрязнение водных объектов изменяет химический состав воды, а также влияет на состав водных биоценозов. Это может быть использовано в целях мониторинга водных объектов. Применение гидробиологических показателей позволяет комплексно оценить качество воды по совокупности воздействия химических и физических характеристик воды на живые организмы.

Так как на побережье расположено множество промышленных объектов, были выбраны контрольные точки, в которых проводились исследования в зоне влияния города Ростов-на-Дону методом биоиндикации по зообентосным организмам. Пробы грунта отобраны в августе 2022 в трех створах реки: на центральном пляже, возле Донского порта, поблизости от судоремонтного завода «Моряк». Места отбора указаны на рисунке 2, приведенном ниже. Данные точки были выбрана по значимости для города. Донской порт и судоремонтный завод «Моряк» имеют стратегическое значение, так как город является крупным портом и связывает движение судов из Каспийского моря в Черное море. А Центральный пляж – один из крупнейших рекреационных зон города, куда приезжают из всей Ростовской области. Детальная характеристика каждой из точек представлена в таблице 1.

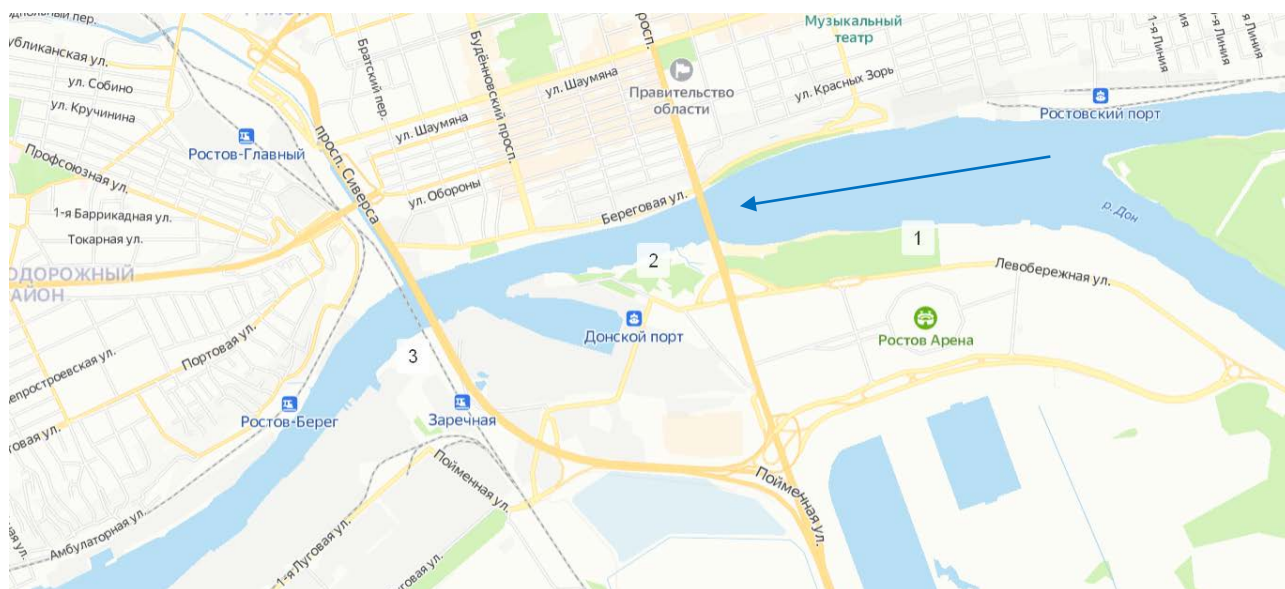


Рисунок 2 – Карта отобранных проб:
 1 – Центральный пляж; 2 – возле Донского порта; 3 – поблизости от судоремонтного завода «Моряк»

Таблица 1– Характеристика точек отбора грунта

Номер на карте	Координаты	Тип грунта	Температура воды	Особенности
1	47.213854 39.737380	песчаный	24	Большое количество моллюсков в грунте
2	47.211994 39.717870	чернозем	24,5	Местами пятна от нефтепродуктов на поверхности воды
3	47.207837 39.701026	глинистый	25	Зарастание побережья

Возможность применения биоиндикации как способа определения санитарно-гигиенического состояния водотоков предполагает детальное изучение сообществ гидробионтов, приуроченных к конкретным водоемам и речным бассейнам [2]. Исходя из необходимости применения качественных и количественных характеристик водоемов, испытывающих антропогенную нагрузку, используются различные подходы, в том числе анализ обрастания (перифитона).

Результаты подсчёта качественных и количественных характеристик зообентоса использовались при определении качества воды по таким индексам, как индекс Гуднайта-Уотлея, Вудивисса и Переле. Данные по количеству организмов во всех трех точках отбора отражены в таблице 2.

На рисунке 3 представлены результаты найденного бентоса в количественном соотношении.

Таблица 2 – Видовое разнообразие зообентосных организмов

Организмы	Количество организмов		
	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Oligochaeta	20	5	8
Culex	9	2	4
Hirudinea	1	-	-
Ephemeroptera	1	-	-
Mollusca	17	-	1
Annelida	-	1	-
Hydrachnidae	-	-	2

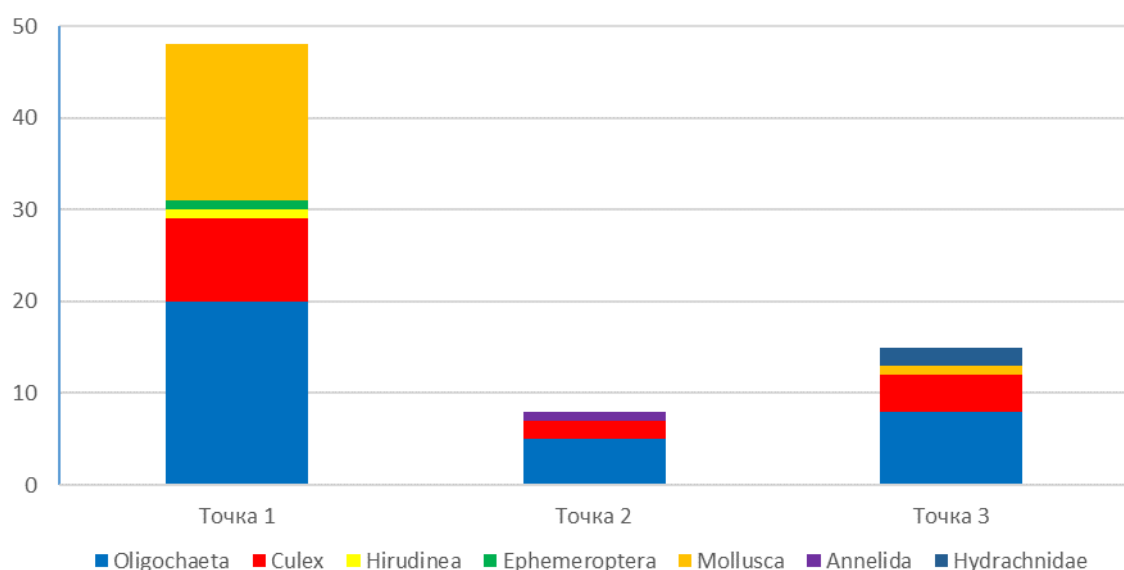


Рисунок 3 – Количественное соотношение зообентосных организмов

Считается, что доля олигохет тем больше, чем сильнее загрязнены вода и дно органическими веществами, которыми они питаются. Они обитают в основном в пресноводных водоемах и в почвах, а также предпочитают мелководные зоны с достаточным уровнем насыщения воды кислородом, но встречаются и формы, которые могут жить на 22 значительных глубинах, где преобладают анаэробные условия. Класс Пиявки распространен в пресноводных водоемах: реках, озерах, ручьях и болотах. Пиявки – свободноживущие черви, они могут как паразитировать на моллюсках, ракообразных, рыбах, так и питаться червями, маленькими моллюсками, личинками водных насекомых. Поденки относятся к пресноводным формам насекомых. Они играют важную роль как кормовая база многих видов рыб. Сами же они питаются водорослями, растительным детритом, мелкими беспозвоночными и личинками других водных насекомых. Личинки поденок менее устойчивы к загрязнению водного объекта, поэтому их считают индикаторами в индексе Вудивисса. Водяные клещи широко распространены, встречаются в больших водоемах, в прудах, густо заросших растительностью. Моллюски играют важную роль в формировании качества воды и биопродуктивности водных экосистем за счет высокой биомассы. Обитают в водоемах с постоянной мезасопробной зоной с относительно стабильным водным, химическим и кислородным режимом [3]. Личинки комара питаются одноклеточными водорослями, разлагающейся растительной органикой. Более устойчивы к загрязнению, но погибают при сильном загрязнении воды нефтепродуктами, так как пленка не дает им дышать.

Из таблицы 2 можно увидеть, что самое большое разнообразие организмов в точке 1 (Центральный пляж). Индекс Гуднайта-Уотлея был рассчитан по формуле $D_1 = \frac{n_0}{n_B}$, где n_0 – численность олигохет, а n_B – численность бентоса [4]. Таким образом, индекс равен 41,6% – это значит, что класс качества воды 3 (умеренно грязная), а зона самоочищения – бетамезосапробная. Для такой зоны соответствует слабое органическое загрязнение, большой объем кислорода и богатство видового разнообразия. Индекс Вудивисса равен 3, что соответствует 5 классу качества воды и степени загрязнения – грязная [5]. В данной точке вода умеренно загрязненная, она пригодна для купания, но для бытового использования без должной обработки не рекомендуется.

В точке 2 (Донской порт) индекс Гуднайта-Уотлея равен 62,5 % – это значит, что класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения – альфамезосапробная. Для этой зоны характерно значительное органическое загрязнение, нехватка кислорода, в воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества воды и степени загрязнения – очень грязная [5]. Таким образом, для данной точки характерно сильное загрязнение воды, что сказывается на численности и состоянии микроорганизмов, в основном преобладают организмы устойчивые к загрязнению. Негативное воздействие здесь оказывает порт, в который приходят многие грузовые суда, именно из-за них происходит разлив нефтепродуктов, а также сброс балластных и других вод.

В точке 3 (судоремонтный завод «Моряк») индекс Гуднайта-Уотлея равен 53,3 % – это означает, что класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения – альфамезосапробная. Также, как и в точке 2, для этой зоны характерно значительное органическое загрязнение, нехватка кислорода, в воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества воды и степени загрязнения – очень грязная [5]. Результаты вычислений пробы данной точки похожи с точкой 2, так как проба взята у судоремонтного завода. Вдобавок сюда добавляются разливы дизельных масел, попадание ржавчины и грязи с судна. Все эти факторы оказывают негативное воздействие на экосистемы прибрежной территории.

Проведенное исследование свидетельствует, что перифитон искусственных субстратов включает гидробионтов, которых можно использовать для мониторинга качества воды в поверхностных водотоках. Индекс сапробности определяется на участке реки, как альфа- и бета- мезосапробная зоны, что позволяет говорить об отсутствии значительного загрязнения реки Дон токсичными веществами. Также полученные результаты свидетельствуют о необходимости увеличения частоты отбора проб воды в разные месяцы года для того, чтобы более точно определить состояние экосистемы.

Список литературы

1. Картамышева, Е. С. Судно как источник загрязнения окружающей среды / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко, Е. А. Бекетова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 12-15.
2. Молоканов Л. В., Хицова Л. Н., Клепиков О. В., Платунин А. В. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды в реке Девнице бассейна верхнего Дона по сообществам перифитона искусственных субстратов // Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО. – 2019. – № 6 (315). – С. 37–41.
3. Романова Е. М., Индирикова О. А., Куранова А. П. Перспективность использования моллюсков в биоиндикации загрязнения водных объектов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – №4 (20). – С. 157–159.
4. Измайлова Н. Л., Ляшенко О. А., Антонов И. В. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики / СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52 с.
5. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68-82.

ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE DON RIVER BY ZOOBENTHOS ORGANISMS

N. R. Fediuchenko*, I. V. Antonov

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: Nikitoskolobos@gmail.com*

Abstract. The paper reflects the results of assessment of the quality of ecosystems of the Don River in the zone of influence of the city of Rostov-on-Don by the method of bioindication according to zoobenthos organisms. Soil samples were taken on the eighteenth of August at two o'clock in the afternoon at three different points. The results of qualitative and quantitative zoobenthos counts were used in determining water quality by such indices as the Goodnight-Watley, Woodiwiss, and Perele indices.

Keywords: *Don river, bioindication, zoobenthos organisms, hydrobiological indices; pollution level.*

References

1. Kartamysheva E. S. Ship as a source of environmental pollution / E. S. Kartamysheva, D. S. Ivanchenko, E. A. Beketova. - Text: direct // Young scientist. – 2018. – № 25 (211). – P. 12– 15;
2. Molokanov L.V., Khitsova L. N., Klepikov O.V., Platunin A.V. Sanitary and hygienic assessment of water quality in the Devitsa river of the upper Don basin by communities of periphyton of artificial substrates // Public Health and Habitat - ZNISO. 2019. № 6 (315). С. 37-41;
3. Romanova E. M., Indiryakova O. A., Kuranova A. P. Prospects of using mollusks in bioindication of pollution of water bodies // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2008.– №4 (20). – P. 157–159.
4. Izmailova N. L., Lyashenko O. A., Antonov I. V. Biotesting and bioindication of the state of water bodies: educational and methodological manual for laboratory work for the training (introductory) practice / SPbGTURP. – SPb., 2014. – 52 с.
5. Bakanov A.I. The use of zoobenthos for monitoring of freshwater reservoirs (review) // Biol. vnutr. – 2000. –№ 1. – С.68-82.

УДК 502.55

ГРНТИ 87.15.09

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА НАНОКОМПОЗИТНОЙ ПЛЕНКИ НА ОКРУЖАЮЩЮЮ СРЕДУ

И. А. Щекатуров*

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

**E-mail: crazytitan2000@mail.ru*

Аннотация. На основе анализа основных способов утилизации и регенерации вторичного полимерного сырья была приведена классификация методов переработки полимерного сырья. Предложена классификация полимерных отходов на примере графена. Рассмотрены варианты переработки графена с экологической точки зрения.

Ключевые слова: *полимеры, нанокompозитные материалы, пленки, образование отходов, переработка.*

Нанокompозитные пленки получают путем высушивания раствора под высокой температурой. Также добавляют различные примеси и вещества для придания пленкам различных свойств. В том числе электронных, механических и оптических. Один из методов получения нанокompозитных пленок в лабораторных условиях: пленки получают путем нанесения растворов через лабораторную фильеру с регулируемым зазором на тефлоновые

пластины при 60°C. В данном случае рассмотрим нанокompозитные пленки с добавлением графена. После анализа результатов исследований полученных пленок можно сделать вывод, что данный материал может быть подвергнут биodeградации.

Графен

Графен представляет собой двухмерную аллотропную модификацию углерода, которая образована слоем атомов толщиной в один атом. Образуется в виде гексагональной двумерной кристаллической решетки [1].

Графен способен проводить электричество даже на пределе номинально нулевой концентрации носителей. Это связано с тем, что электроны не замедляются и не локализуются при движении.

В результате графен можно классифицировать как полупроводник с нулевой запрещенной зоной [2].

Графен используют в композиционных материалах в качестве компонента, который увеличивает прочностные свойства таких компонентов. Когда были измерены механические свойства отдельно стоящего монослойного графена с помощью наноиндентирования в атомно-силовой микроскопии (АСМ), было установлено, что графен «самый прочный из когда-либо измеренных материалов» [3].

Благодаря плотности углеродных связей длиной 0,142 нм, графен является самым прочным материалом с пределом прочности на растяжение 130 гигапаскалей.

Прочность графена объясняется тем, что углерод является самым легким из элементов, имеющих четыре валентных электрона. В графене четвертый свободный электрон позволяет усиливать три основные связи в кристаллической решетке, в результате расстояние между соседними атомами становится ничтожно мало [4].

Возможность производства экологичной пленки из различных материалов с добавлением графена

Возможность производства экологичной пленки с добавлением графена существует, но все зависит от метода, которым получают эти пленки, а также от тех примесей, к которым добавляют графен при производстве.

Десять лет назад было высказано предположение, что углеродные нанотрубки проявляют «асбестоподобную» патогенность в животной модели в том смысле, что длинные и жесткие, но не короткие или спутанные углеродные нанотрубки вызывают образование гранулемы и воспаление после внутрибрюшинного введения мышам. Теперь мы понимаем, что углеродные нанотрубки в определенной степени соответствуют так называемой парадигме патогенных волокон, и что некоторые типы многостенных углеродных нанотрубок могут рассматриваться как потенциально канцерогенные для человека. Однако другие представители того же семейства материалов оказались нетоксичными и даже могут подвергаться деградации, что позволяет предположить, что не все углеродные нанотрубки являются асбестоподобными. На самом деле, углеродные нанотрубки, если их соответствующим образом очистить и модифицировать поверхность, имеют многообещающие перспективы в наномедицине, например, для доставки лекарств или генов и/или визуализации доставки лекарств.

Например, были получены пленки на основе диацетата целлюлозы (ДАЦ) с добавлением графена.

Была измерена электропроводность композиционных частиц. Известно, что введение наночастиц графена в полимерную матрицу приводит к увеличению электропроводности, а также изменению теплопроводности таких материалов [5, 6]. Изменение электропроводности полимерных нанокompозитов с графеном зависит от многих факторов, среди которых можно отметить используемый растворитель [8], природу полимера и его совместимость с наночастицами графена [9], способ предварительной обработки графена [7], а также способ получения композита [10].

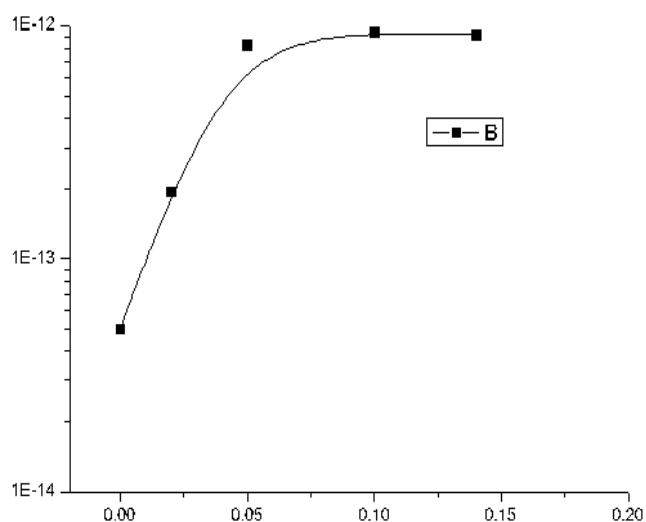


Рисунок 1 – Изменение удельной проводимости композиционных пленок ДАЦ с добавками восстановленного графена

Также были определены физико-механические свойства пленок. В процессе испытаний определяли следующие характеристики материала: модуль упругости E (физическая величина, которая характеризует свойства какого-либо материала сгибаться или растягиваться под воздействием силы), предел пластичности σ_p (наибольшее напряжение, которое может выдержать данный материал, не обнаруживая остаточных деформаций при разгрузке), прочность σ_r (свойство материала сопротивляться разрушению под действием напряжений, возникающих под воздействием внешних сил) и предельную деформацию до разрушения ε_r (наибольшая величина пластической деформации, которую можно достичь без разрушения). Также в таблице приведено значение толщины получившейся пленки d .

Характеристики испытанных образцов, усредненные по результатам измерений, представлены в таблице, а сам вид кривых деформирования – на рисунке 2.

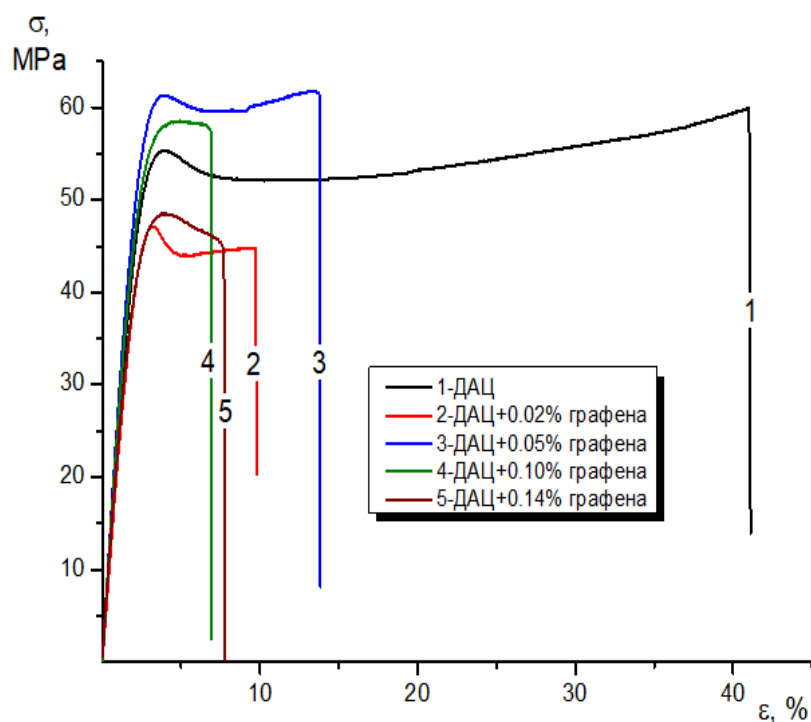


Рисунок 2 – Кривые растяжения композиционных пленок ДАЦ (1) и ДАЦ с восстановленным графеном (2-5)

Таблица – Характеристики пленок ДАЦ и ДАЦ с восстановленным графеном

№	Состав смеси	d, мкм	E, ГПа	$\sigma_{п}$, МПа	$\sigma_{р}$, МПа	$\epsilon_{р}$, %
1	ДАЦ	64-71	2.46 ± 0.10	56 ± 3	57 ± 3	41 ± 4
2	ДАЦ-графен (0.02 мас.%)	76-82	2.07 ± 0.31	47 ± 4	43 ± 3	9.5 ± 0.6
3	ДАЦ-графен (0.05 мас.%)	45-48	2.33 ± 0.42	59 ± 4	61 ± 3	15 ± 1
4	ДАЦ-графен (0.1 мас.%)	34-50 (!)	2.51 ± 0.44	58 ± 7	57 ± 6	6 ± 1
5	ДАЦ-графен (0.14 мас.%)	55-85 (!)	2.28 ± 0.24	49 ± 2	47 ± 2	7.8 ± 0.7

Проведенные испытания не выявили положительного действия графена на механические свойства пленочного материала на основе диацетата целлюлозы. Введение в полимер наполнителя в минимальной концентрации привело к заметному снижению «силовых» характеристик материала: модуля упругости, предела пластичности и прочности. При увеличении концентрации графена до 0.05-0.10 мас.% жесткость материала возвращается к исходному уровню – к уровню характеристик пленки матричного полимера. При этом для всех концентраций наполнителя регистрируется существенное, в несколько раз, падение предельной деформации материала до разрушения. Полученные пленки из-за наличия восстановленного оксида графена могут быть подвержены биодegradации.

Основные методы переработки полимерного сырья

Основными способами утилизации полимерного сырья считают: сжигание сырья с целью получения энергии, термическое разложение, например, пиролиз, повторное использование сырья в производстве, вторичная переработка. Сжигание отходов в мусоросжигательных печах не является рентабельным и безопасным способом утилизации, поскольку предполагает потерю ценного сырья, образование токсичных отходов и дымовых газов [11].

Значительное место в утилизации вторичного полимерного сырья уделяется пиролизу. В отличие от процессов сжигания, пиролиз дает возможность получения промышленных продуктов, используемых для дальнейшей переработки.

На сегодняшний день существует два метода переработки полимерного сырья, которые являются наиболее предпочтительными с экономической и экологической точек зрения: повторное использование и вторичная переработка в новые виды материалов и изделий [12].

Однако возможность использования полимерного сырья для повторного производства ограничивается их нестабильными и худшими по сравнению с исходным материалом механическими свойствами. Конечная продукция с их использованием часто не удовлетворяет эстетическим критериям. Для некоторых видов продукции использование вторичного сырья вообще запрещено действующими санитарными или сертификационными нормами.

Наибольшие проблемы вызывает повторная переработка многослойных упаковочных материалов. Полимеры, которые применяются для изготовления многослойных пленок, сильно различаются по своим свойствам. В связи с этим целесообразно применять такие материалы, которые легко разделить при повторной переработке использованных упаковок. Все эти манипуляции требуют дополнительных капиталовложений в технологии

для вторичной переработки, что повышает стоимость самих материалов по сравнению с однослойными [12].

Воздействие графеновых наночастиц на окружающую среду

Из анализа приведенных выше данных можно сделать два вывода:

1. Графеновые наночастицы не проявляют «косвенную нанотоксичность» по отношению к ДАЦ, то есть графен не усиливает токсичность частиц ДАЦ в полученных пленочных материалах. Поэтому данные пленки можно отнести к отходам VI класса.

2. Данные пленочные материалы подвергаются процессу биodeградации из-за наличия в своем составе восстановленного оксида графена. Для примера, вещество миелопероксидаза при взаимодействии с перекисью водорода способно разрушать частицы оксида графена.

В дальнейшем планируется рассмотреть возможность использования графеновых пленок в промышленном масштабе при изменении концентрации графена и показателя прочности [13, 14].

Список литературы

1. Луканина Т. Л., Битеева К. Э. Новые аллотропные модификации углерода – фуллерен и графен. Синтез и перспективы использования // Тезисы докладов межфакультетской студенческой научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 22-24 мая. – СПбГУИТД, 2014. – 52 с.
2. Geim, A. K. Graphene: Status and Prospects: a review / Geim A.K. // 2009. – P. 1530.
3. Dimitrios P., Ian K., Robert Y. Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites. // Progress in Materials Science. – 2017. – V. 70. – P. 75-127.
4. Lee C. Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene / Changgu Lee, Xiaoding Wei, Jeffrey W. Kysar, James Hone // 2008. – P. 385.
5. Kuilla T., Bhadra S., Yao D., Kim N. H., Bose S., Lee J. H. Recent advances in graphene based polymer composites // Progress in Polymer. – 2010. – V. 35. – No 11. – P. 1350–1375.
6. Potts J. R., Dreyer D. R., Bielawski C. W., Ruoff R. S. Graphene-based polymer nanocomposites. // Polymer. – 2011. V. 52. – No 1. – P. 5-25.
7. Tarhini A. A., Tehrani-Bagha A. R. Graphene-based polymer composite films with enhanced mechanical properties and ultra-high in-plane thermal conductivity. // Composites Science and Technology. – 2019 – V. 184.
8. Sun M., Gao G., Dai B., Yand L., Lui K., Zhang S., Guo S., Han J., Zhu J. Enhancement in thermal conductivity of polymer composites through construction of graphene / Nanodiamond bi-network thermal transfer paths. // Materials Letters. – 2020. – V. 271.
9. Azani M.-R., Hassanpour A., Carselén V., Gibaja C., Granados D., MasBallesté R., Zamora F. Highly concentrated and stable few-layers graphene suspensions in pure and volatile organic solvents. // Applied Materials Today. – 2016. – V. 2. – P. 17–23.
10. Zeng X., Yang J., Yuan W. Preparation of a poly (methyl methacrylate) reduced graphene oxide composite with enhanced properties by a solution blending method // European Polymer Journal. – 2012. – V. 48. – P. 1674–1682.
11. Гринин А. С., Новиков Н. В. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. – Москва: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – С. 149–153.
12. Колганов Д.П., Йенсен Н.О., Вике А., Климов В.Н., Рябкова Е.С. Подготовка кадров по управлению охраной окружающей среды в бассейне реки Волги. ТС06 Управление обращения с отходами. Модуль 5: Сбор и обезвреживание отходов. – Изд-во TACIS, 2001. – С. 23–33.
13. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ.
14. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ.

EFFECT OF THE NANOCOMPOSITE FILM PRODUCING PROCESS ON ENVIRONMENT

I. Shchekaturov*

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: crazytitan2000@mail.ru*

Abstract. The analysis of the main methods of recycling and regeneration of secondary polymeric raw materials is presented. The classification of recycling methods of polymer raw materials is given. The classification of polymer waste on the example of graphene is offered. The options of graphene processing from the environmental point of view are considered.

Keywords: *polymers, nanocomposite materials, films, recycling.*

References

1. Lukanina T. L., Biteeva K. E. New allotropic modifications of carbon - fullerene and graphene. Synthesis and prospects for use // Theses of Reports of the Interfaculty Student Scientific and Technical Conference (St. Petersburg, May 22-24, SPbGUPTD, 2014.). – 52 p. – P. 50.
2. Geim, A. K. Graphene: Status and Prospects: a review / Geim A. K. // 2009. – P. 1530.
3. Dimitrios P., Ian K., Robert Y. Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites. // Progress in Materials Science. – 2017. – V. 70. – P. 75-127.
4. Lee C. Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of Monolayer Graphene / Changgu Lee, Xiaoding Wei, Jeffrey W. Kysar, James Hone (in Russian) // 2008. – P. 385.
5. Kuilla T., Bhadra S., Yao D., Kim N. H., Bose S., Lee J. H. Recent advances in graphene based polymer composites // Progress in Polymer. – 2010. – V. 35. – No 11. – P. 1350-1375.
6. Potts J. R., Dreyer D. R., Bielawski C. W., Ruoff R. S. Graphene-based polymer nanocomposites. (in Russian) // Polymer. – 2011. – V. 52. – No 1. – P. 5-25.
7. Tarhini A. A., Tehrani-Bagha A. R. Graphene-based polymer composite films with enhanced mechanical properties and ultra-high in-plane thermal conductivity. // Composites Science and Technology. – 2019. – V. 184.
8. Sun M., Gao G., Dai B., Yand L., Lui K., Zhang S., Guo S., Han J., Zhu J. Enhancement in thermal conductivity of polymer composites through construction of graphene / Nanodiamond bi-network thermal transfer paths. // Materials Letters. – 2020. – V. 271.
9. Azani M.-R., Hassanpour A., Carselén V., Gibaja C., Granados D., MasBallesté R., Zamora F. Highly concentrated and stable few-layers graphene suspensions in pure and volatile organic solvents. // Applied Materials Today. – 2016. – V. 2. – P. 17-23.
10. Zeng X., Yang J., Yuan W. Preparation of a poly (methyl methacrylate) reduced graphene oxide composite with enhanced properties by a solution blending method // European Polymer Journal. – 2012. – V. 48. – P. 1674-1682.
11. Grinin A. S., Novikov N.V. Industrial and Domestic Waste: Storage, Utilization, Recycling. FAIR-PRESS Publishing House, Moscow, 2002. – P.149-153.
12. Kolganov D. P., Jensen N. O., Wicke A., Klimov V.N., Ryabkova E. S. Training in environmental management in the Volga River basin. – TS06 Waste Management. – Module 5: Waste collection and neutralization. TACIS Publisher, 2001. – P. 23-33.
13. Federal Law «About Environmental Protection» from 10.01.2002 № 7.
15. Federal Law «About Production and Consumption Waste» from 24.06.1998 № 89.

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

О. С. Якубова*, Е. Ю. Демьянцева, Р. А. Смит, О. Ю. Деркачева
*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург*
**E-mail: ilonichka3377@mail.ru*

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

В работе для интенсификации выделения сульфатного мыла предлагается введение деэмульгирующих и коагулирующих добавок в черный щелок. Проведен сравнительный качественный и количественный анализ состава сульфатного мыла, полученного в лаборатории в присутствии выбранных добавок. Введенные вещества способствуют извлечению неомыляемых веществ из черных щелоков различных пород древесины. Рассмотрено влияние добавок ПАВ на основные физико-химические характеристики черного щелока после отделения сульфатного мыла. В результате введения добавок ПАВ наблюдается снижение вязкости и уменьшение пенообразования раствора черного щелока.

Ключевые слова: черный щелок, сульфатное мыло, поверхностно-активные вещества, неомыляемые вещества.

При делигнификации древесины образуется отработанный раствор многокомпонентного состава, обогащенный ценными экстрактивными веществами, количество которых варьируется в зависимости от вида древесины. Извлечение этих веществ из производственных растворов и переработка их в другие вещества соответствует тенденции развития целлюлозно-бумажных предприятий – внедрению технологий, основанных на научных разработках с возможностью их технического применения, с сочетанием современных требований охраны окружающей среды. На современных предприятиях эффективность извлечения сульфатного мыла не превышает 75–80 %, при этом получают продукт невысокого качества с большим количеством посторонних примесей, особенно при выделении из отработанных щелоков после варки лиственных пород древесины. Это усложняет процесс переработки мыла, в том числе в ценные неомыляемые вещества [1-9].

В качестве объектов исследования были выбраны: поверхностно-активные вещества отечественного производства катионного (катамин АБ и синтаמיד-5) и неионогенного (неонол АФ 9-6) типов; черный щелок после периодической сульфатной варки лиственной и хвойной древесины, параметры варки: конечная температура варки 178°C, время стоянки 1ч, полученная целлюлоза 23 ед. Каппа, расход активной щелочи в Na₂O от абс. сух. древесины 18 %. В условиях, моделирующих процесс извлечения сульфатного мыла из черного щелока на производстве способом отстаивания, были выделены образцы мыла при введении добавок ПАВ. Время отстаивания – 4 ч, температура щелока 30–40°C.

Содержание в сульфатном мыле неомыляемых веществ определяли по ГОСТ50482-93, сумму омыляемых кислот по ГОСТ Р 50378-92. Определение вязкости и плотности черного щелока проводили согласно ГОСТ9070-75 и ГОСТ 18995.1-73. Массовые нейтральных веществ в черном щелоке оценивали согласно методикам, описанным в [9].

Степень достоверности результатов работы обеспечена трехкратным проведением экспериментов и их воспроизводимостью.

Введение композиций поверхностно-активных веществ в черные щелоки позволит обогатить их ценными веществами. В работе согласно методикам были извлечены образцы сульфатного мыла и исследованы их качественные и количественные характеристики в отсутствии и присутствии ПАВ. Результаты представлены на рисунках 1 и 2.

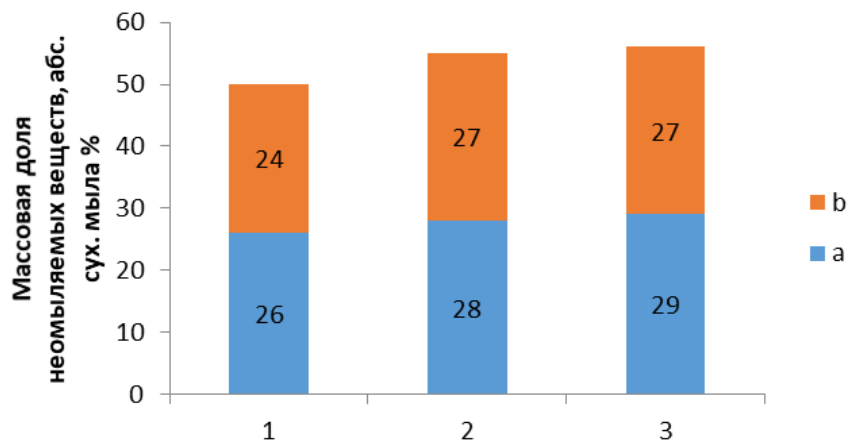


Рисунок 1 – Количество неомыляемых веществ в извлеченном сульфатном мыле: а – после варки сосновой древесины, б – после варки березовой древесины, где 1 – без ПАВ, при введении композиций 2 – Синтаמיד-5: Катамин АБ: неонол АФ 9-6, 3 – Катамин АБ: неонол АФ 9-6

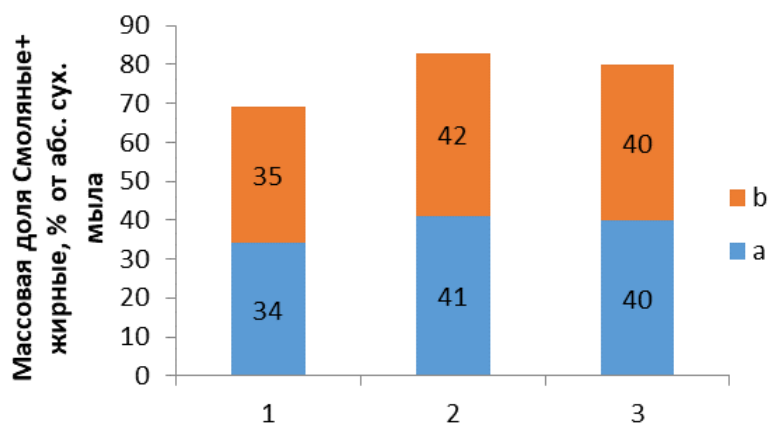


Рисунок 2 – Количество смоляных и жирных кислот в извлеченном сульфатном мыле а – после варки сосновой древесины, б – после варки березовой древесины, где 1 – без ПАВ, при введении композиций; 2 – Синтаמיד-5: Катамин АБ: неонол АФ 9-6; 3 – Катамин АБ: неонол АФ 9-6

Введение выбранных композиций способствует 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 таблицы, содержание 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 [10-11].

Таблица – 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 ³	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 отметить, что влияние тройной и двойной композиций ПАВ на характеристики черного щелока и сульфатного мыла практически одинаково. Однако тройная смесь ПАВ предпочтительнее в использовании вследствие положительного влияния на свойства целлюлозы [12].

Работа выполнена при поддержке фонда содействия инновациям программы «УМНИК».

Список литературы

1. Богомолов Б. Д., Сапотницкий С. А., Соколов О. М. Переработка сульфатного и сульфитного щелоков: учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 360 с.
2. Лысогорская Н. П., Демьянцева Е. Ю., Клюбин В. В. О гетерогенности водно-щелочных растворов сульфатного лигнина и смолы древесины // Коллоидный журнал. – 2002. – Т. 64. – №3. – С.427–429.
3. Wang Z., Shen T., Yang Y., Gao B., Wan Y., Li Y. C., Yao Y., Liu L., Tang Y., Xie J., Ding F., Chen J. Fulvic acid-like substance and its characteristics, an innovative waste recycling material from pulp black liquor // Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 243.
4. Aryan V., Kraft A. The crude tall oil value chain: Global availability and the influence of regional energy policies // Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 280. – Pp.1–13.
5. Kovasin K., Tikka P., Laxén T. Solving Soap and Turpentine Related Process Problems in Softwood Kraft Mills// Pulp and Paper. – 2002. – Vol. 103, issue 6. Pp. 30–35.
6. Rouskova M., Heyberger A., Triska J., Krticka M. Extraction of phytosterols from tall oil soap using selected organic solvents// Chemical papers. – 2011. – Vol. 65, no. 6. – Pp. 805– 811.

7. Ela R.C.A., Spahn L., Safaie N. Understanding the effect of precipitation process variables on hardwood lignin characteristics and recovery from black liquor//ACS Sustainable Chem.Eng. 2020. Vol. 8 Pp.13997–14005.
8. Aro T., Fatehi P. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities // Separation and Purification Technology. – 2016. – Vol. 175. – Pp. 469–480.
9. Акимова Г. С., Курзин А. В., Павлова О. С., Евдокимов А. Н. Химия и технология компонентов сульфатного мыла: учебное пособие. – СПб., 2008. – 104 с.
10. Андранович, О. С. Деэмульгирование сульфатного мыла при введении неионогенного поверхностно-активного вещества / О. С. Андранович, Е. Ю. Демьянцева, А. П. Филиппов, Р. А. Смит // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – №6. – С. 224 – 232.
11. Якубова, О. С. Физико-химические характеристики черного щелока до и после извлечения сульфатного мыла в присутствии поверхностно-активных веществ / О. С. Якубова, Е. Ю. Демьянцева, Р. А. Смит // Химия растительного сырья – 2021. – № 4. – С. 337-343.
12. Смит, Р. А. Влияние липазы на мицеллообразующую и солюбилизующую способность неионогенных поверхностно-активных веществ / Р. А. Смит, Е. Ю. Демьянцева, О. С. Андранович // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2018. – Т. 61. – Вып. 6. – С. 54-60.

THE INFLUENCE OF SURFACTANT COMPOSITIONS ON THE CONTENT OF UNSAPONIFIABLE SUBSTANCES IN BLACK LIQUORS

O. S. Yakubova*, E. Yu. Demyantseva, R. A. Smith, O. Yu. Derkacheva

*Saint-Petersburg state university of industrial technologies and design,
Higher School of technology and energy, Saint-Petersburg*

**E-mail: ilonichka3377@mail.ru*

Abstract. During the wood delignification a multicomponent spent liquor (black liquor) is formed. Depending on the type of wood, black liquor is enriched with valuable extractives. The isolation of extractives from processing liquors and their conversion into valuable substances, tall products is according to development trend of pulp and paper industry. The extraction of these substances from spent liquor and their processing into valuable substances is in accordance with the direction of Best Available Techniques for pulp and paper industry. In the present work the addition of demulsifying and coagulating substances into the black liquor is proposed to intensify the sulphate soap extraction. A comparative qualitative and quantitative analysis of the composition of sulfate soap obtained in the presence of selected additives in laboratory was carried out. Surfactants promote the extraction of unsaponifiable substances from black liquor obtained from various species cooking. The influence of surfactant addition on the main physical chemical characteristics of black liquor after isolation of sulphate soap is investigated. A decrease in viscosity and a de foaming of a black liquor solution is observed as a result of the addition of surfactant additives.

Keywords: black liquor, sulphate soap, surfactants, unsaponifiable substances.

References

1. Bogomolov B. D., Sapotnitskiy S. A., Sokolov O. M. *Pererabotka sul'fatnogo I sul'fitnogo shchelokov*. [Processing of sulphate and sulphite liquors]. – Moscow, 1989. – 360 p. (in Russ.).
2. Lysogorskaya N. P., Dem'yantseva Ye. Yu., Klyubin V.V. On the heterogeneity of aqueous-alkaline solutions of sulfate lignin and wood resin [O geterogenosti vodno-shchelochnykh rastvorov sul'fatnogo lignina i smoly drevesiny] *Kolloidnyy zhurnal* [Russian Zhurnal], 2002. – Vol. 64. – №.3. – Pp. 427–429.

3. Wang Z., Shen T., Yang Y., Gao B., Wan Y., Li Y.C., Yao Y., Liu L., Tang Y., Xiea J., DingF., Chen J. Fulvic acid-like substance and its characteristics, an innovative waste recycling material from pulp black liquor// Journal of Cleaner Production. – 2020. – Vol. 243.
4. Aryan V., Kraft A. The crude tall oil value chain: Global availability and the influence of regional energy policies//Journal of Cleaner Production. – 2021. – Vol. 280. Pp. 1–13.
5. Kovasin K., Tikka P., Laxén T. Solving Soap and Turpentine Related Process Problems in Softwood Kraft Mills // Pulp and Paper. – 2002. – Vol. 103, issue 6. –Pp. 30–35.
6. Rouskova M., Heyberger A., Triska J., Krticka M. Extraction of phytosterols from tall oil soap using selected organic solvents// Chemical papers. – 2011. – Vol. 65, № 6. Pp. 805– 811.
7. Ela R. C. A., Spahn L., Safaie N. Understanding the effect of precipitation process variables on hardwood lignin characteristics and recovery from black liquor // ACS Sustainable Chem.Eng. 2020.
8. Aro T., Fatehi P. Tall oil production from black liquor: Challenges and opportunities// Separation and Purification Technology. – 2016. – Vol. 175. – Pp. 469–480.
9. Akimova G. S., Kurzin A. V., Pavlova O. S., Yevdokimov A. N. Chemistry and technology of sulfate soap components [*Khimiya i tekhnologiya komponentov sul'fatnogomyla*]. St. Petersburg., 2008. – 104 p. (in Russ.).
10. Andranovich O. S., Demiantseva E. Yu., Filippov A. P., Smit R. A. Sulphate Soap Demulsifying with Addition of Non-Ionic Surfactant. Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal], 2019. –№ 6. Pp. 224–232.
11. Yakubova O. S., Demyantseva E. Yu., Smith R. A. Physical and chemical characteristics of black liquor before and after the extraction of sulfate soap as a result of potentially active poisoning [Fiziko-khimicheskiye kharakteristiki chernogo shcheloka do i posle izvlecheniya sul'fatnogo myla v rezul'tate potentsial'no-aktivnykh otravleniy] Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya [Russian Zhurnal]., 2021. –№ 4. – Pp. 337–343.
12. Smit R. A., Demiantseva E. Yu., Andranovich O. S. Influence of lipase on the micelle-forming and solubilizing ability of nonionic surfactants [Vliyaniye lipazy na mitselloobrazuyushchuyu i solyubiliziruyushchuyu sposobnost' neionogennykh PAV]. Izv. universities. Chemistry and chem. Technology [Russian Zhurnal]. – P. 54–60.

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

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

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск

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

Аннотация. Бумага обладает явно выраженной неоднородностью своей волокнистой структуры. При рассмотрении листа бумаги на просвет эта неоднородность определяется визуально и соответствует качеству формования структуры бумажного полотна на сеточном столе БДМ. В последнее время все большее внимание уделяется исследованию структуры целлюлозно-бумажных материалов с использованием ИК-спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Сопоставление данных спектроскопии с традиционными неразрушающими методами (оптическим, ультразвуковым) и установление количественных закономерностей между новыми и традиционными параметрами структуры открывает путь к технологии экспресс-анализа структуры и прогнозирования физико-механических свойств целлюлозно-бумажных материалов.

Ключевые слова: бумага, структура, ИК-НПВО спектроскопия, анизотропия.

В настоящее время при существующей технологии изготовления структура бумаги формируется из стохастически расположенных растительных волокон, чаще всего хвойных и лиственных, а также приобретает конечные потребительские свойства при использовании в композиции химических вспомогательных веществ, среди которых наполнители, гидрофобизирующие и упрочняющие проклеивающие вещества [1–3]. Формование структуры бумаги на сеточном столе БДМ происходит из сильно разбавленной суспензии механически обработанных и подготовленных волокон, содержащих комплект упрочняющих, гидрофобизирующих химикатов путем фильтрации на движущейся сетке. Для корректировки степени удержания волокнистой мелочи на сетке и регулирования скорости обезвоживания применяются химикаты системы удержания. Таким образом, технология изготовления и свойства бумаги (прочностные, впитывающие и печатные), в первую очередь, зависят от совокупности характеристик используемых волокнистых полуфабрикатов и химикатов.

Ранее было показано, что для контроля структуры бумаги на локальных участках возможно применение метода инфракрасной спектроскопии нарушенного полного отражения (ИК НПВО) [5-7]. По данной методике, описанной в работе [5], возможно определение таких важных параметров структуры, как степень анизотропии (через параметр A) и оценки угла преимущественной ориентации волокон (φ).

Для контроля качества бумаги применяется, среди прочих, ультразвуковой неразрушающий метод, который позволяет оценить величину индекса жесткости при растяжении (TSI), а также степень ее анизотропии ($TSI_{MD/CD}$) и направление максимальной жесткости волокон (TSO -angle). Данный метод активно используется на многих предприятиях бумажной промышленности [4, 7]. При этом дается оценка структуры на достаточно большом участке, диаметром 100 мм, внутри которого возможны локальные неоднородности ориентации волокон и анизотропии структуры.

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 изменяя 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.

Для исследований взяли бумагу из беленых полуфабрикатов, предназначенную для упаковки пищевых сыпучих продуктов. Поскольку бумага промышленного изготовления без химикатов не выпускается, нами были изготовлены и проанализированы лабораторные отливки, особенностью которых является отсутствие анизотропии.

Обычная композиция по волокну такой бумаги содержит хвойную и лиственную беленую 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 требующиеся 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 Х+Л без) и с добавлением химикатов (Х+Л хим).

В другой серии экспериментов были изготовлены и испытаны отливки из бумажной массы, отобранной из технологического потока БДМ, после размолла 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 беленой 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+1,5хим).

На рис. 1 представлены диаграммы, показывающие влияние введения химикатов на спектроскопический параметр A , который характеризует локальную степень анизотропии. Установлено, что у образцов, в композиции которых изначально не содержалось ХВВ, параметр A увеличивается при введении химикатов – образцы Л+Х и БХТММ. Это свидетельствует об изменении характера упорядоченности и ориентации волокон во флокулах, формирующих структуру бумаги, за счет интенсификации коллоидно-химических взаимодействий в бумажной массе и флокуляции при отливе.

Дополнительное введение химиката в образцы, где они уже имеются или при увеличении дозировки химиката, параметр A становится меньше. Это наблюдается на образцах производственной бумажной массы и на массе, где количество вводимых химикатов увеличено. Это подтверждает важную роль химикатов в формировании структуры флокул при отливе полотна бумаги.

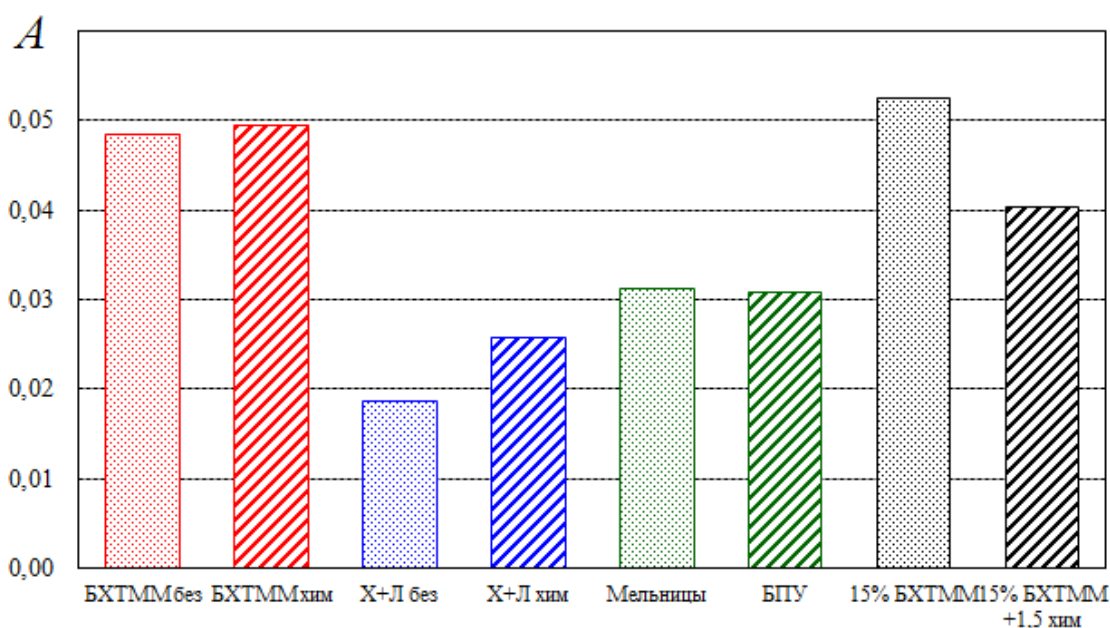


Рисунок 1 – Влияние введения химикатов в композицию бумаги на параметр локальной степени анизотропии, измеренным спектроскопическим методом

Интегральная оценка структуры бумажного образца может быть выполнена неразрушающим ультразвуковым методом. Для данных образцов измерения проводились на тестере L&W TSO SE 150. Поскольку лабораторные отливки имеют изотропную в плане структуру, то были для каждой отливки проведены измерения индекса жесткости при растяжении в четырех направлениях, через 45° , и вычислено среднее значение TSI , кН/г. Изотропия отливок в плане подтверждена значениями отношения $TSI_{MD/CD}$, то есть

отношением величины TSI в перпендикулярных направлениях, она составила 0,98...1,04. Результаты представлены на рис. 2. Во всех случаях имеет место увеличение жесткости при растяжении бумаги при введении химикатов, а наибольший эффект достигнут на наименее прочных образцах БХТММ.

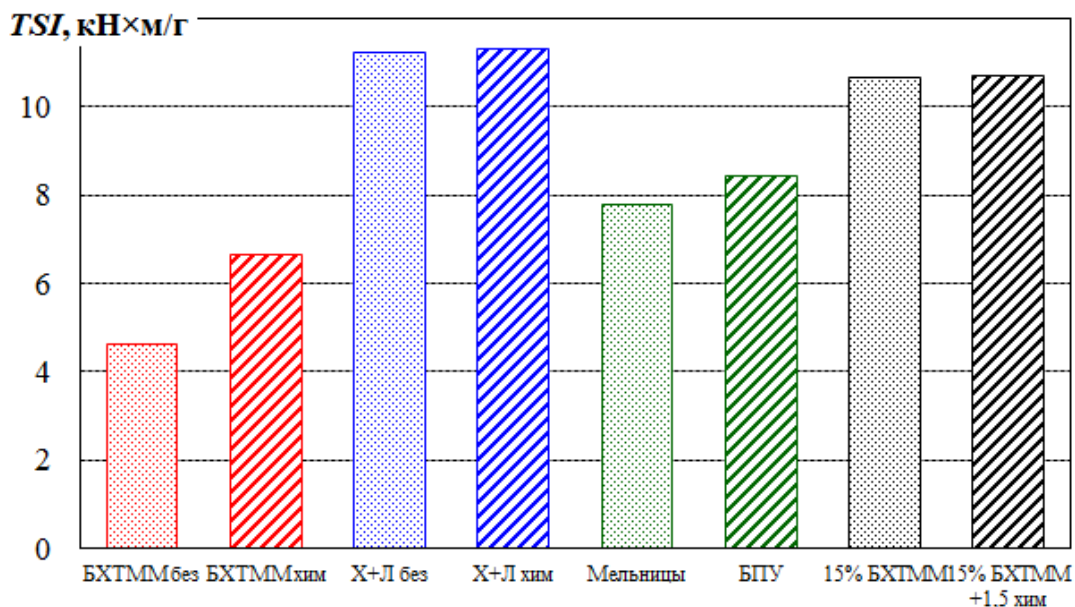


Рисунок 2 – Влияние введения химикатов в композицию бумаги на жесткость при растяжении, измеренную ультразвуковым методом

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 A . При этом имеет существенное значение дозировка и вводимых ХВВ и их наличие-отсутствие в бумажной массе до введения ХВВ.

3. Интегральная оценка структуры бумажного образца неразрушающим ультразвуковым методом показала увеличение жесткости при растяжении бумаги при введении химикатов, а наибольший эффект достигнут на наименее прочных образцах БХТММ.

Список литературы

1. Лабораторный практикум по технологии бумаги и картона: учеб. пособие / В. К. Дубовый, А. В. Гурьев, Я. В. Казаков, В. И. Комаров, Г. Н. Коновалова, А. С. Смолин, В. В. Хованский; под ред. проф. В. И. Комарова, проф. А. С. Смолина. – СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2006. – 230 с.
2. Казаков Я. В., Зеленова С. В., Комаров В. И. Влияние неоднородности структуры на характеристики жесткости картонов-лайнеров // Лесной журнал. – 2007. – №3. – С. 110–121. (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Казаков Я. В. Измерение параметров дисперсно-анизотропных волокнистых структур целлюлозно-бумажных материалов // Актуальные проблемы метрологического обеспечения научно-практической деятельности: материалы III Всерос. научно-технич. конфер. с междунар. участием, 25-27 ноября 2019 г., Сев. (Арктич.) федер. ун-т. – Архангельск: САФУ, 2019. – С. 23–29.

4. Беляев О. С., Казаков Я. В. Использование неразрушающих методов контроля качества крафт-лайнера // Лесной журнал. – 2016. – №3. – С. 157–170.
5. Романова А. Н., Чухчин Д. Г., Казаков Я. В. Изучение анизотропии целлюлозосодержащих материалов методом НПВО ИК-спектроскопии // Физикохимия растительных полимеров: материалы VIII междунар. конфер. (01-05 июля 2019 г.). – Архангельск: Сев. (Арктич.) федер. ун-т имени М. В. Ломоносова, 2019. – С.118–122.
6. Kazakov Y., Romanova A., Chukhchin D. The use of ATR-IR spectroscopy to determine the anisotropy parameters of the structure of materials based on plant fibers // Progress in Paper Physics Seminar: Abstract book of the PPPS2020 seminar September 1-3, 2020 in Jyväskylä, Finland. VTT Technology, № 378, VTT Technical Research Centre of Finland. – P. 61–66.
7. Лысаченкова М. М., Казаков Я. В., Чухчин Д. Г. Оценка локальной неоднородности структуры образца бумаги неразрушающими методами // Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: матер. VI Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти профессора В. И. Комарова (Архангельск, 9–11 сентября 2021 г.) / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. – Архангельск: САФУ, 2021. – С. 79–84.
8. Лысаченкова М. М., Казаков Я. В., Чухчин Д. Г., Поташева А. Н. Перспективы использования спектральных методов для неразрушающего контроля структуры целлюлозно-бумажных материалов // Современная целлюлозно-бумажная промышленность. Актуальные задачи и перспективные решения: матер. II Междунар. научн.-технич. конфер. молодых учёных и специалистов ЦБП (Санкт-Петербург, 23 ноября 2020 года). – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – Том II. – С. 17–24.

INFLUENCE OF THE WHITE PACKAGING PAPER FIBER FURNISH ON THE PAPER STRUCTURE PARAMETERS DEFINED BY SPECTROSCOPIC METHODS

M. M. Lysachenkova*, Y. V. Kazakov, D. G. Chukhchin

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov»

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

Abstract. Paper has a pronounced heterogeneity of its fibrous structure. When examining a sheet of paper in the light, this heterogeneity is determined visually, and corresponds to the quality of the formation of the structure of the paper web on the pm mesh table.

Recently, more and more attention has been paid to the study of the structure of pulp and paper materials using frustrated total internal reflection IR spectroscopy.

Comparison of spectroscopy data with traditional non-destructive methods (optical, ultrasonic) and the establishment of quantitative patterns between new and traditional structure parameters opens the way to the technology of express analysis of the structure and prediction of the physical and mechanical properties of pulp and paper materials.

Keywords: paper, structure, IR spectroscopy, anisotropy.

References

1. Laboratory workshop on paper and cardboard technology: textbook. manual / V. K. Dubovy, A. V. Guryev, Ya. V. Kazakov, V. I. Komarov, G. N. Konovalova, A. S. Smolin, V. V. Khovansky; ed. prof. V. I. Komarova, prof. A. S. Smolina. – St. Petersburg: Publishing House of Polytechnic. Univ., 2006. – 230 p.
2. Kazakov Ya. V., Zelenova S. V., Komarov V. I. Influence of heterogeneity of the structure on the characteristics of the stiffness of cardboard liners // Lesn. magazine – 2007. – № 3. – Pp. 110–121. (News of higher educational institutions).
3. Kazakov Ya. V. Measurement of parameters of dispersed-anisotropic fibrous structures of pulp and paper materials. // On Sat. "Actual problems of metrological support of scientific and practical

- activities": Mater. III All-Russian. scientific and technical conf. c intl. participation, November 25-27, 2019, Sev. (Arctic) feder. un-t. Arkhangelsk: NArFU. pp. 23–29.
4. Belyaev O. S., Kazakov Ya. V. The use of non-destructive methods for quality control of a kraft liner // Lesn. journal, 2016. No. 3. pp. 157–170. (News of higher educational institutions).
5. Romanova A. N., Chukhchin D. G., Kazakov Ya. V. Study of the anisotropy of cellulose-containing materials by ATR IR spectroscopy // In collection of articles. "Physical chemistry of plant polymers": mater. VIII intl. conf. (July 01-05, 2019) / Arkhangelsk: Sev. (Arctic) feder. University named after M.V. Lomonosov, 2019. – P. 118–122.
6. Kazakov Y., Romanova A., Chukhchin D. The use of ATR-IR spectroscopy to determine the anisotropy parameters of the structure of materials based on plant fibers // Progress in Paper Physics Seminar: Abstract book of the PPPS2020 seminar September 1 -3, 2020 in Jyväskylä, Finland. VTT Technology, no. 378, VTT Technical Research Center of Finland.
7. Lysachenkova M. M., Kazakov Ya. V., Chukhchin D. G. Estimation of local heterogeneity of paper sample structure by non-destructive methods. "Problems of the mechanics of pulp and paper materials": mater. VI Intern. sci.-tech. conf., dedicated in memory of Professor V.I. Komarova (Arkhangelsk, September 9–11, 2021). – Sev. (Arctic) feder. un-t im. M.V. Lomonosov. Arkhangelsk: NArFU, 2021. – P.79–84.
8. Lysachenkova M. M., Kazakov Ya. V., Chukhchin D. G., Potasheva A. N. Prospects for the use of spectral methods for non-destructive testing of the structure of pulp and paper materials / In Sat. «Modern pulp and paper industry. Actual tasks and promising solutions”: Mater. II Intern. scientific and technical conf. young scientists and specialists of the pulp and paper industry (St. Petersburg, November 23, 2020) / St. Petersburg: VSTE SPbGUPTD, 2020. – Volume II. – Pp.17–24.

МАТЕРИАЛЫ

IV Международной научно-технической конференции
молодых учёных и специалистов ЦБП

СОВРЕМЕННАЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

MODERN PULP AND PAPER INDUSTRY. CURRENT CHALLENGES AND PROMISING SOLUTIONS

(Санкт-Петербург, 14 – 15 ноября 2022 года)

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Компьютерная верстка О. В. Запольская

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, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 06.03.2023 г. Рег. № 5012/23

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