



ISSN 1029-5151
ISSN 1029-5143 (online)



ХИМИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

1 • 2022

УДК 66.023.2

ВИЗУАЛЬНЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ НЕВОЛОКНИСТЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БУМАГЕ ИЗ МАКУЛАТУРЫ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «СЫКТЫВКАР ТИССЬЮ ГРУП»

© В.С. Куров¹, В.А. Костин², Н.П. Мидуков^{1*}, П.В. Осипов², Э.А. Ушанова³, С.Н. Петров³

¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, ул. Большая Морская, 18, Санкт-Петербург, 191186 (Россия), e-mail: mnp83@mail.ru

² ОАО «Сыктывкар Тисью Групп», пр. Бумажников, 4, Сыктывкар, 167026 (Россия)

³ НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей», Шпалерная ул., 49, Санкт-Петербург, 191015 (Россия)

Статья посвящена решению важной научно-технической задачи, совершенствованию технологии производства санитарно-гигиенических видов бумаги. В работе особое внимание уделяется проблемам, связанным с использованием макулатуры, представлены микро- и макроскопические снимки поверхности образцов, полученных из макулатурной массы, отобранной на различных стадиях производства санитарно-гигиенических видов бумаги на предприятии ОАО «Сыктывкар Тисью Групп». Основным результатом научных исследований стала предварительная оценка работы технологии подготовки бумажной массы из макулатуры на предприятии, для чего полученные образцы с различных стадий производства исследовались сканирующим электронным микроскопом, что позволило визуально, с изображений микро- и макроструктуры поверхности различного масштаба, предварительно оценить степень очистки макулатуры от примесей. Химический состав основных загрязнений был установлен энергодисперсионным рентгено-спектральным микроанализом (EDX). Предварительная оценка природы загрязнений, визуальная оценка микроструктуры образцов, полученных из бумажной массы с различных стадий очистки, позволила инженерам предприятия оценить эффективность работы отдельных узлов массоподготовительного отдела производства санитарно-гигиенических видов бумаги. Полученные данные позволят конкретизировать научно-техническую задачу и направить последующую научную работу на совершенствование узла подготовки макулатурной массы, которая в большей степени требует совершенства.

Ключевые слова: макулатура, санитарно-гигиенические виды бумаг, микроструктура бумаги.

Экспериментальные исследования выполнены на оборудовании центра коллективного пользования «Состав, структура, свойства конструкционных и функциональных материалов» НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей» при финансовой поддержке министерства образования и науки Российской Федерации в рамках соглашения №13.ЦКП.21.0014. Уникальный идентификатор – RF----2296.61321X0014.

Введение

Рост потребления санитарно-гигиенических видов бумаги (тисью-бумаги) характерен практически для всех развитых стран Европы и Америки. Россия не является исключением, которая увеличила объемы

Куров Виктор Сергеевич – заместитель директора по научной работе, e-mail: vskurov@mail.ru

Костин Василий Анатольевич – главный технолог, e-mail: mnp83@mail.ru

производства тисью-бумаги в 2019 г. на 16.1% относительно уровня 2018 г. Вместе с тем за 2017–2020 гг. выросли средние розничные цены на туалетную бумагу на 15.6% (с 12.6 руб./рулон до 14.6 руб./рулон). Наибольшее увеличение средних

Окончание С. 344.

* Автор, с которым следует вести переписку.

розничных цен произошло в 2019 г., когда темп прироста составил 7.1% [1]. Рост цен на тисью-бумагу, в числе прочего, вызван ростом цен на сырье. Сегодня стоимость первичного волокна на рынке составляет около 45–50 тыс. руб./т, причем наблюдается постоянный рост. Поэтому производители рассматривают варианты использования макулатуры, которая в несколько раз дешевле. Однако применение макулатуры предполагает использование высокотехнологичного оборудования для очистки макулатурной массы (бумажная масса на основе вторичного сырья) [2]. Контроль за процессами очистки макулатурной массы имеет важное значение при создании технологических потоков для производства готовой продукции требуемого качества.

Одним из немногих предприятий в России, которое обладает технологической линией очистки макулатуры при производстве тисью-бумаги, является ОАО «Сыктывкар Тисью Групп» [3]. Производство санитарно-гигиенических видов бумаги из макулатуры для России относительно новое направление, поэтому изучение процессов подготовки макулатурной массы на различных стадиях является важной и актуальной задачей. Использование современных технологий контроля качества макулатурной массы позволяют оценить эффективность подготовки массы на каждой стадии подготовки, а также разработать практические рекомендации по совершенствованию технологии производства тисью-бумаги.

Важной задачей при оценке качества бумажной массы является определение природы загрязнений, которые присутствуют в макулатуре. Известно, что загрязнения негативно сказываются на физико-механических показателях готовой продукции [4]. Причин тому несколько, но главная заключается в том, что частица неволокнистого происхождения (размерами от 1–50 мкм), оказываясь между волокнами, блокирует поверхность контакта, по которой могли бы образоваться прочные водородные связи (для их образования необходимо расстояние между поверхностями волокон в несколько ангстрем) [5]. В связи с этим одной из главных задач являлось исследование микроструктуры волокнистого материала, по которому осуществлялся визуальный и элементный анализ неволокнистых включений в санитарно-гигиенической бумаге из макулатуры.

Исторически сложилось, что значимых исследований по разработке технологии санитарно-гигиенических видов бумаги из макулатуры в СССР, а затем и в России не было. Объясняется это тем, что основным сырьем являлись беленые полуфабрикаты из первичного волокна, однако в настоящий момент ситуация меняется. На сегодняшний день один из крупнейших производителей туалетной бумаги в России ОАО «Сыктывкар Тисью Групп» перешел на производство туалетной бумаги из вторичного волокна, создав целый поток со скоростью работы БДМ до 1940 м/мин. Научных исследований, посвященных производству санитарно-гигиенических видов бумаги, немного. Среди отечественных и наиболее современных исследований можно отметить работы ученых Сибирского государственного университета науки и технологии им. академика М.Ф. Решетнева, посвященные повышению эффективности переработки влагопрочной санитарно-гигиенической бумаги [6] либо посвященные отдельным узлам технологии производства (ропуск, сушильная часть БДМ [7, 8]). Современные зарубежные исследования в области производства бумаги санитарно-гигиенического назначения часто направлены на сохранение энергозатрат [9, 10], либо нацелены на решение конкретных узконаправленных задач, связанных с совершенствованием производства бумаги тисью. Встречаются результаты исследований свойств тисью-бумаг, посвященные новым видам продукции [11]. В конечном итоге, основные фундаментальные работы в области исследования бумаг тисью относятся ко второй половине XX века. Широкий обзор о производстве бумаги тисью и ее характеристиках был представлен в работе ученых университета Северной Каролины (США) [12], в котором авторы собрали наиболее интересные материалы зарубежных публикаций за последние 10 лет по теме исследований. Когда речь идет о технологической линии производства и о ее модернизации, наиболее информативными являются разработки современных фирм, поставщиков оборудования для получения тисью-бумаги. В их источниках представлена информация о наиболее современных разработках, внедренных в различных странах [13–16]. Результаты

Мидуков Николай Петрович – доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов химической технологии, e-mail: mnp83@mail.ru

Оситов Павел Васильевич – консультант, e-mail: pavelosipov@yandex.ru

Ушанова Элина Артуровна – старший научный сотрудник, e-mail: elinaus@mail.ru

Петров Сергей Николаевич – начальник лаборатории, e-mail: petrov.epma@mail.ru

исследований научных групп компаний, представленных в работах [13–16], редко публикуются в печати, либо публикуются с большим запозданием. Отдельная часть научных исследований посвящена влиянию различных видов волокнистых полуфабрикатов на свойства тисью бумаги [17–19], а также химическим добавкам, используемым при производстве [20–22].

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являлась технология тисью-бумаги, которая организована на предприятии ОАО «Сыктывкар Тисью Групп». Согласно технологической схеме производства (рис. 1), макулатура различных сортов (МС-6Б, 7Б, 8В) проходит стадию роспуска (зольность образцов, полученных из массы, отобранной после стадии роспуска, примерно составляла 23%), после которой отбирались пробы для исследования. Затем масса направлялась на стадию грубого сортирования перед очисткой массы от чернил, тонера, печатной краски (зольность образцов, полученных из массы, отобранной после стадии флотации, примерно составляла 16%) (узел флотации по технологии «DAF MacCell») [23]. После флотации макулатурная масса поступала на тонкое сортирование и на промывку (зольность образцов, полученных из массы, отобранной после стадии промывки, примерно составляла 2.7%). После промывки, аккумуляции бумажной массы и обработки массы в термодисперсионной установке (ТДУ) были отобраны еще две пробы для оценки эффективности процесса флотации и сортировки макулатуры.

Следующие образцы были отобраны после машинного бассейна, так как в него подаются химические вспомогательные вещества, которые оказывают существенное влияние на физико-механические показатели бумаги. Последними образцами для исследования являются нарезки готовой продукции, по их микроструктуре можно оценить качество очистки массы в центриклерах перед напуском массы на бумагоделательную машину (зольность образцов бумаги составляла примерно 1.7%).

Скорость бумагоделательной машины составляла 1920–1940 м/мин для сорта бумаги-основы туалетной БОТ-17 и 1510–1520 м/мин для сорта бумаги полотенечной БОТ-21. Образцы для исследования были получены в соответствии с международным стандартом с помощью приборов, находящихся в центре коллективного пользования «Биорефайнинг древесины и нанотехнологии» на базе высшей школы технологии и энергетики при Санкт-Петербургском государственном технологическом университете промышленных технологий и дизайна [24–26].

Исследования микроструктуры образцов волокнистого материала, отобранного после различных стадий подготовки бумажной массы, осуществлялись с помощью сканирующей электронной микроскопии в центре коллективного пользования при НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей». Визуализация микроструктуры подготовленных образцов производилась с помощью электронного микроскопа TESCAN MIRA3 LMH, производитель – TESCAN. Характеристики сканирующего электронного микроскопа TESCAN MIRA3 LMH следующие: электронная колонна (FEG SEM) с источником электронов на основе катода Шоттки; ускоряющее напряжение 200 В – 30 кВ; ток зонда 2 нА – 200 нА; разрешение 1.0 нм (при 30 кВ), увеличение до 1000000; детекторы вторичных электронов (SE, In-Beam SE); детектор отраженных электронов (BSE) [27, 28]. Химический состав основных загрязнений был установлен энергодисперсионным рентгеноспектральным микроанализом (EDX). Анализ выполнен по площади и по точкам. Подробно особенности оценки микроструктуры волокнистых материалов, на примере покровного слоя картона тест-лайнера были представлены в работах [29, 30].

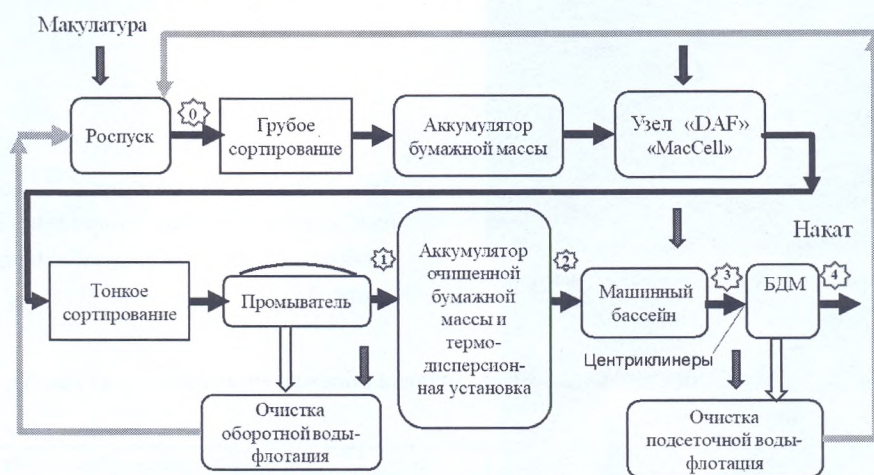


Рис. 1. Основная блок-схема производства санитарно гигиенических видов бумаги из макулатуры: * – точки отбора образцов массы для отливок; ↓ – точки дозирования химических продуктов на потоке массоподготовки

Результаты и обсуждения

Важно отметить, что включения неволокнистой природы в бумажной массе влияют на физико-механические показатели по-разному. Например, мел, который попадает в офисную бумагу как наполнитель, с учетом того, что это сырье будет использоваться в качестве макулатуры при производстве тисью-бумаги, повышает белизну готовой продукции, но при этом снижает ее механические показатели. Содержание мела в макулатуре из офисных видов бумаг может достигать 15–20%, а качество его подготовки (однородность и размеры частиц) имеет важное значение не только для офисной, но и для тисью-бумаги. Важно также отметить, что при повторной подготовке частицы наполнителя могут коагулировать, образуя большие агломераты размером до 100 мкм, что существенно может снизить качество бумаги. Как правило, такие частицы присутствуют или образуются на стадии роспуска (рис. 2). Согласно рентгеноспектральному микроанализу в образцах волокнистого материала, взятого после стадии роспуска, присутствуют частицы, содержащие Са, Fe (табл. 1). По данным определения элементного состава наиболее вероятно, что при высоких содержания Са – это мел. Кроме того, на стадии роспуска могут присутствовать включения (спектр 1, рис. 2), содержащие и железо, кремний (это могут быть и металлические частицы, ржавчина, песок и т.д.), которые затем удаляются на стадиях грубой и тонкой очистки.

Снимки, полученные с использованием сканирующего электронного микроскопа, показали, что кроме частиц большого размера, в волокнистом материале присутствуют равномерно распределенные частицы небольших размеров (рис. 3, а) (для мела, подаваемого в бумажную массу, средний размер частиц находится в пределах от 1 до 5 мкм). Вероятно, что это мел, который содержался в макулатуре офисных видов бумаг и не успел образовать агломерат. Такой мел распределен на поверхности волокон (рис. 3, б). Анализ спектров подтвердил данное предположение (рис. 3, в). Исследования микроструктуры в различных точках поверхности образца позволили установить подобный характер загрязнения волокнистого материала (рис. 3).

После стадии промывки и аккумуляции бумажной массы количество частиц размерами до 5 мкм резко сократилось. По-видимому, мел и каолин, являющиеся также наполнителями, вымыло водой на стадии промывки (рис. 4). Однако на этой стадии не все частицы крупных размеров (более 25 мкм) были удалены из массы (рис. 4, спектр 1).

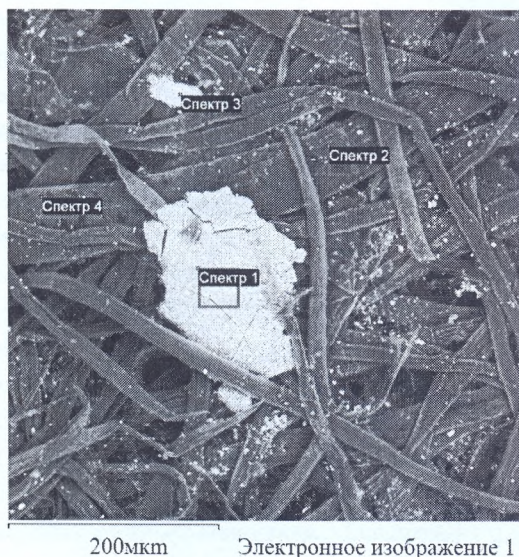
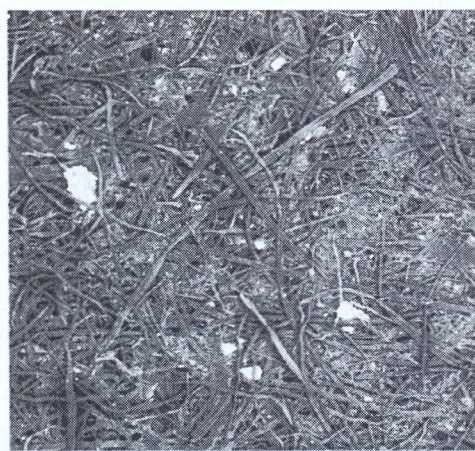


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение образца, полученного из массы, отобранной после гидроразбавителя (точка отбора 0, рис. 1)

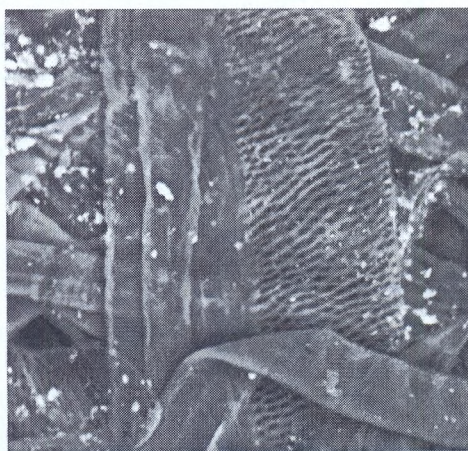
Таблица 1. Данные рентгеноспектрального микроанализа образца, полученного из массы, отобранной после гидроразбавителя

| Спектр | С | О | Mg | Al | Si | Ca | Fe | Итог |
|----------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|
| Спектр 1 | 56.81 | 29.72 | 0.10 | 0.14 | 0.30 | 0.99 | 11.95 | 100.0 |
| Спектр 2 | 45.75 | 51.90 | | 0.20 | 0.14 | 1.63 | 0.39 | 100.0 |
| Спектр 3 | 31.73 | 46.24 | 0.13 | 2.04 | 2.26 | 17.03 | 0.57 | 100.0 |
| Спектр 4 | 45.89 | 51.50 | | 0.20 | 0.13 | 1.81 | 0.46 | 100.0 |



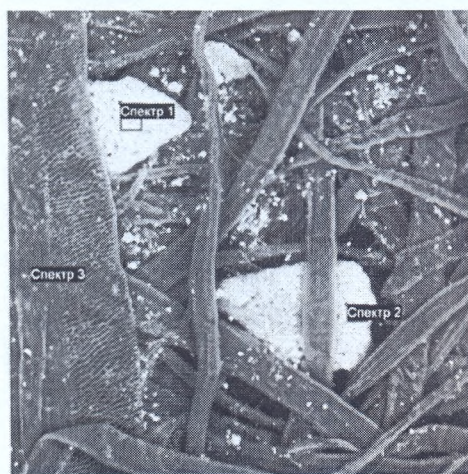
1mm Электронное изображение 1

a



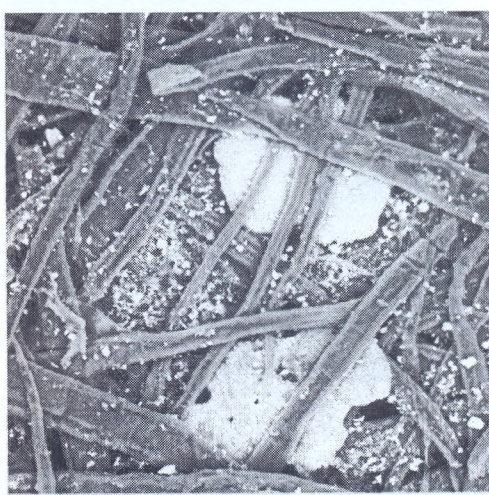
60mic Электронное изображение 1

b



100mic Электронное изображение 1

v



100mic Электронное изображение 1

z

Рис. 3. Электронно-микроскопические изображения образца, полученного из массы, отобранной после гидроразбивателя: *a* – макроснимок; *b* – микроснимок волокна; *v, z* – микроснимки загрязнений



100mic Электронное изображение 1

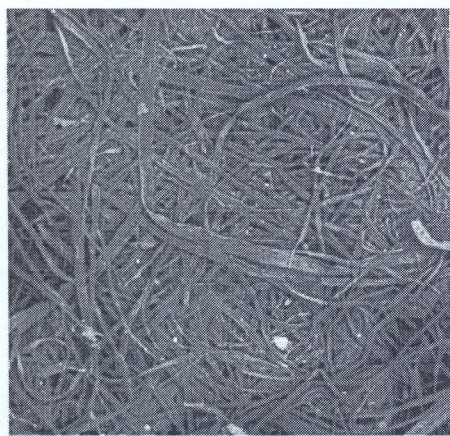
Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение образца, полученного из массы, отобранной после промывки и аккумуляции (1, 2, рис. 1)

Данные рентгеноспектрального микроанализа подтвердили присутствие крупных частиц мела после промывки и аккумуляции массы (табл. 2). Однако исследования микроструктуры волокнистого материала, отобранного на стадиях 1, 2 (рис. 1) показывают, что содержание как крупных, так и мелких частиц мела становится гораздо меньше (рис. 5, а, б).

Важной стадией подготовки макулатурной массы является подача химических реагентов (клеящих, красителей, флокулянтов), которая осуществляется в машинном бассейне. Полностью удалить крупные частицы мела (от 25 мкм) не удастся на этом этапе, хотя масса проходит грубое и тонкое сортирование (рис. 6, спектр 1, табл. 3).

Таблица 2. Данные рентгеноспектрального микроанализа образца, полученного из массы, отобранной после промывателя и аккумулятора массы (1, 2, рис. 1)

| Спектр | C | O | Mg | Al | Si | Ca | Fe | Итого |
|----------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|
| Спектр 1 | 34.38 | 47.47 | 0.13 | 0.17 | 0.30 | 17.46 | 0.09 | 100.0 |
| Спектр 2 | 46.85 | 51.45 | 0.07 | 0.07 | 0.38 | 1.06 | 0.12 | 100.0 |



а



б

Рис. 5. Электронно-микроскопические изображения образца (в разных масштабах), полученного из массы, отобранной после промывки и аккумулятора очищенной массы (1, 2)

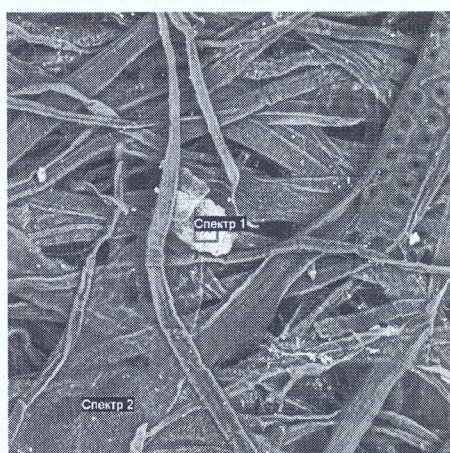


Рис. 6. Электронно-микроскопическое изображение образца, полученного из массы, отобранной после машинного бассейна (3, рис. 1)

Таблица 3. Данные рентгеноспектрального микроанализа образца, полученного из массы, отобранной после машинного бассейна

| Спектр | C | O | Al | Si | Ca | Итого |
|----------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| Спектр 1 | 36.68 | 46.85 | 0.48 | 1.05 | 14.94 | 100.00 |
| Спектр 2 | 47.18 | 52.18 | 0.04 | 0.21 | 0.39 | 100.00 |

Скорее всего, это связано с тем, что мел находится во взаимодействии с волокнами, либо присутствуют сгустки волокон, которые не удалось распустить в гидроразбивателе и в аппаратах для дороспуска макулатуры.

Рентгеноспектральный микроанализ этих частиц подтвердил предположения, что крупные частицы неволокнутого характера представляют собой мел (рис. 6, табл. 3, спектр 1).

Анализ микроструктуры образца волокнистого материала из массы, отобранной после машинного бассейна существенных изменений в содержании примесей, не показал. Были рассмотрены макро- (рис. 7, а) и микро- (рис. 7, б, в, г) области в различных участках исследуемого образца.

Готовые образцы тисью-бумаги также содержали небольшое количество частиц неволокнутой природы (рис. 8, спектр 1, табл. 4).

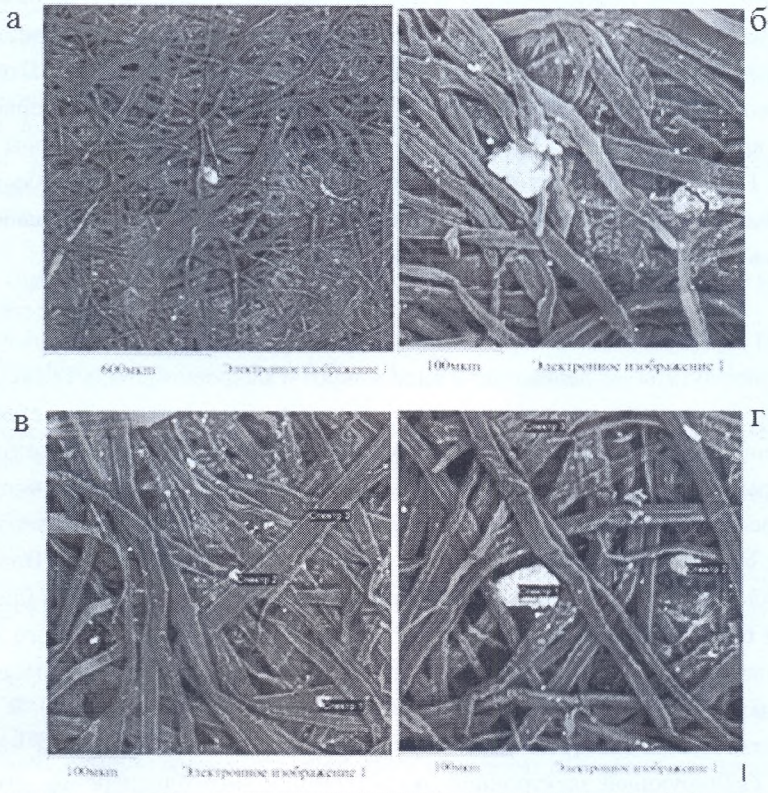


Рис. 7. Электронно-микроскопические изображения образца, полученных из массы, отобранной после машинного бассейна (3, рис. 1): а – макроснимок; б, в, г – микроснимки

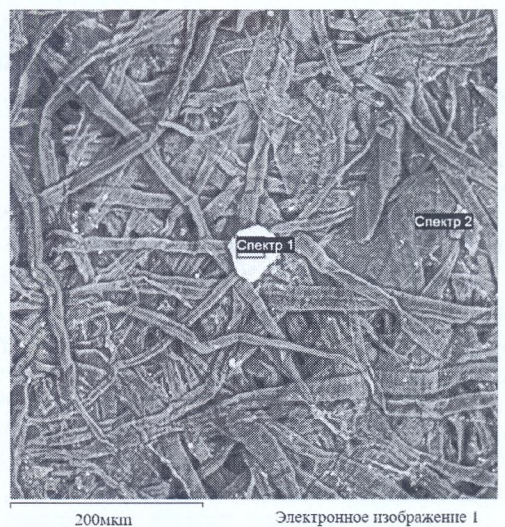


Рис. 8. Электронно-микроскопическое изображение образца, полученного из массы, отобранной после машинного бассейна (4, рис. 1)

Таблица 4. Данные рентгеноспектрального микроанализа, полученного из готового образца

| Спектр | C | O | Na | Mg | Al | Si | Ca | Итого |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|-------|--------|
| Спектр 1 | 34.63 | 49.70 | 0.16 | 0.29 | 1.63 | 1.80 | 11.79 | 100.00 |
| Спектр 2 | 47.54 | 51.69 | 0.19 | 0.05 | 0.11 | 0.08 | 0.35 | 100.00 |

Анализ макроструктуры тисью-бумаги в различных местах поверхности (рис. 8) показал присутствие наполнителя с крупным размером частиц в волокнистом материале. Спектральный анализ позволил установить высокое содержание Ca, в связи с чем можно с достаточной точностью утверждать, что это мел.

Имеется две основные причины, из-за которых крупные частицы мела могли оказаться в готовой продукции. Во-первых, мел, который попал вместе с макулатурой офисных видов бумаг, прочно связан с вторичным волокном, и для его удаления необходимо более тщательно распускать макулатуру в аппаратах дороспуска, либо настраивать тонкую очистку в центриклинерах. Также для решения этой проблемы можно добавить химические реагенты – диспергаторы в гидроразбиватель, чтобы ослабить связи между вторичными волокнами, улучшить перемешивание макулатурной массы в бассейнах. Второй причиной может быть плохое качество подаваемого в массу мела. Возможно, что наполнитель, который был подан в массу, содержал частицы крупных размеров, которые не смогли уловить центриклинеры, находящиеся перед напорным ящиком. При этом проверка фракционного состава мела и дополнительная сортировка перед подачей на предприятии позволит повысить качество бумажной массы на завершающих стадиях массоподготовки, что окажет влияние на качество готовой продукции.

Выводы

Полученные результаты исследований в виде микро- и макроснимков, а также данных спектрально-го анализа образцов бумажной массы позволяют установить (предварительно) степень загрязнения бумажной массы и природу частиц неволокнуемых включений. Представленные в статье изображения микро- и макроструктуры поверхности образцов позволили оценить эффективность очистки стадий подготовки макулатурной массы на одном из крупнейших в России предприятии ОАО «Сыктывкар Тисью Групп», которое производит санитарно-гигиенические виды бумаги из вторичного сырья. Визуальный анализ микро- и макроструктуры поверхности образцов показал высокую эффективность стадии промывки, так как при этом удаляется большое количество мелкодисперсного мела, распределенного на волокнах. Это заключение было выполнено при визуальном сопоставлении изображений микроструктуры поверхности образцов, полученных после гидроразбивателя (рис. 3) и после промывки (рис. 5). В отличие от результатов исследования оптическим сканером или микроскопом изображения микро- и макроструктуры, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа, позволяют определить природу загрязнений.

Анализ макро- и микроснимков также позволил установить присутствие включений неволокнуемой природы на остальных стадиях, что говорит о несовершенстве работы массоподготовительного отдела производства бумаги.

Результаты проведенных исследований позволяют определиться с наиболее проблемными участками подготовки бумажной массы, которые требуют дальнейшего детального исследования и совершенствования более точными и цифровыми методами.

Список литературы

1. Alto consulting group [Электронный ресурс]. URL: <https://alto-group.ru/new/2628-proizvodstvo-sanitarnogigienicheskoy-bumazhnoj-produkcii-v-2019-godu-vyroslo-na-161.html>.
2. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Дубовой Е.В., Казаков Я.В. Технология и оборудование переработки макулатуры: учебное пособие. СПб., 2017. 322 с.
3. Сыктывкар Тисью Групп [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sgbi.ru>.
4. Казаков Я.В. Характеристики деформативности как основополагающий критерий в оценке качества целлюлозно-бумажных материалов: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Архангельск, 2015. 47 с.
5. Hirn U., Schennach R. Fiber-fiber bound formation and failure. Mechanisms and analytical techniques // Advances in Pulp and Paper Research. Oxford, 2017. Pp. 839–863.
6. Алашкевич Ю.Д., Пен Р.З., Каретникова Н.В., Чендылова Л.В., Кожухов В.А., Воронин И.А. Переработка влагопрочной макулатуры с полимерным покрытием. Сообщение 2. Свойства вторичного волокна // Химия растительного сырья. 2020. №2. С. 365–371. DOI: 10.14258/jcpm.2020025638.

7. Иванов Д.А., Иванов К.А., Руденко А.П., Алашкевич Ю.Д. О применении аппарата профилированной формы с ротором геликоидального типа для получения санитарно-гигиенической бумаги // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 131–136. DOI: 10.14258/jcprm.201504553.
8. Прохоров Д.А., Смолин А.С. Оценка эффективности сушильной части машин для выработки санитарно-гигиенических видов бумаги // Известия вузов. Лесной журнал. 2020. №2. С. 159–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-159-168.
9. Fisher Tissue Databank. Fisher International, 2019. 78 p.
10. Fleischhut E. Development of a Technical Design Tool for Tissue Machines: Bachelor Thesis. Ravensburg, 2018. 72 p.
11. Kan C.W., Leung M.H.M. Tensile Properties Analysis of Paper Towels // Applied Mechanics and Materials. 2016. Pp. 162–165. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.848.162.
12. Tiago A., Reisinger T., Lee W., Lokendra P., Joel P., Hasan J., Ronalds W. Understanding the Effect of Machine Technology and Cellulosic Fibers on Tissue Properties – A Review // BioResources. 2018. Vol. 13. Pp. 4593–4629. DOI: 10.15376/biores.13.2.deassis.
13. Valmet tissue [Электронный ресурс]. URL: <https://www.valmet.com/media/articles/tissue/>.
14. Voith tissue papermaking machines [Электронный ресурс]. URL: <https://voith.com/corp-en/industry-solutions/papermaking/tissue-paper-making-machines.html>.
15. Andritz tissue story [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tissuestory.com/andritz/>.
16. Kadant tissue papermaking [Электронный ресурс]. URL: <https://kadant.com/en/blog/roll-cleaning/chapter-2-common-definitions-in-the-tissue-industry>.
17. Boudreau J., Germgard U. Influence of various pulp properties on the adhesion between tissue paper and yankee cylinder surface // BioRes. 2014. Vol. 9. Pp. 2107–2114.
18. Fišerová M., Gigac J., Stankovská M., Opálená E. Influence of Bleached Softwood and Hardwood Kraft Pulps on Tissue Paper Properties // Cell. Chem. Technol. 2019. Vol. 53. Pp. 469–477.
19. Morais F.P., Bértolo R.A.C., Curto J.M.R., Amaral M.E.C.C., Carta A.M.M.S., Evtuyugin D.V. Comparative characterization of eucalyptus fibers and softwood fibers for tissue papers applications // Mater. Lett.: X. 2019. Vol. 4. 100028.
20. Park J.Y., Melani L., Lee H., Kim H.J. Effect of chemical additives on softness components of hygiene paper // Nord. Pulp Pap. Res. J. 2019. Vol. 34. Pp. 173–181.
21. Valencia C., Valencia Y., Tovar C.D.G. Synthesis and Application of a Cationic Polyamine as Yankee Dryer Coating Agent for the Tissue Paper-Making Process // Polymers. 2020. Vol. 12. P. 173.
22. Morais F.P., Carta A.M.M.S., Amaral M.E., Curto J.M.R. Micro/nano-fibrillated cellulose (MFC/NFC) fibers as an additive to maximize eucalyptus fibers on tissue paper production // Cellulose. 2021. Vol. 28. Pp. 6587–6605.
23. Pulp and Paper Online [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pulpandpaperonline.com/doc/mac-cell-deinking-cell-0001>.
24. ISO 4119. Pulps – Determination of stock concentration. Geneva, Switzerland, 1995. 3 p.
25. ISO 5269-2. Pulps – Preparation of laboratory sheets for physical testing – Part 2: Rapid-Köthen method. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland, 2004. 8 p.
26. TESCAN детектор BSE [Электронный ресурс]. URL: www.tescan.ru/products/sem-detectors.
27. TESCAN MIRA3 microscope. Download Brochure [Электронный ресурс]. URL: www.tescan-uk.com/tecnology/sem/mira3.
28. Патент №2723972 (РФ). Способ подготовки поперечного среза для контроля параметров целлюлозосодержащего материала / Н.П. Мидуков, В.С. Куров, А.С. Смолин, П.А. Сомов. 18.06.2020.
29. Midukov N.P., Kazakov Ya.V., Heineman S., Kurov V.S., Smolin A.S. Investigation of transverse section of multi layered paperboard by ion cutting technique // Fiber Chemistry. 2020. Vol. 52. Pp. 51–57.
30. Мидуков Н.П., Куров В.С., Эрматова К.Х., Смолин А.С., Сомов П.А. Исследование поперечного среза многослойного картона с использованием технологии ионной резки // Химия растительного сырья. 2019. №4. С. 109–112. DOI: 10.14258/jcprm.201904428.

Поступила в редакцию 18 июля 2021 г.

После переработки 11 ноября 2021 г.

Принята к публикации 16 ноября 2021 г.

Для цитирования: Куров В.С., Костин В.А., Мидуков Н.П., Осипов П.В., Ушанова Э.А., Петров С.Н. Визуальный и элементный анализ неволокнистых включений в санитарно-гигиенической бумаге из макулатуры в условиях предприятия ОАО «Сыктывкар Тиссю Групп» // Химия растительного сырья. 2022. №1. С. 343–353. DOI: 10.14258/jcprm.2022019862.

Kurov V.S.¹, Kostin V.A.², Midukov N.P.^{1*}, Osipov P.V.², Ushanova E.A.³, Petrov S.N.³ VISUAL AND ELEMENTAL ANALYSIS OF NON-FIBRE INCLUSIONS IN TISSUE-PAPER FROM RECOVERED PAPER IN THE CONDITIONS OF THE ENTERPRISE OF SYKTYVKAR TISSUE GROUP OJSC

¹ Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, ul. Bolshaya Morskaya, 18, Saint-Petersburg, 191186 (Russia), e-mail: mnp83@mail.ru

² Joint Stock Company «Syktyvkar Tissue Group», pr. Bumazhnikov, 4, Syktyvkar, 167026 (Russia)

³ National Research Center «Kurchatov Institute» – Central Research Institute of Structural materials «Prometey», Shpallernaya ul. 49, Saint-Petersburg, 191015 (Russia)

The article is devoted to solving an important scientific and technical task, improving the technology of production of tissue-paper. The study pays special attention to the problems related to the use of recovered paper, microscopic images of the surface of samples obtained from recovered paper sampling at various stages of the production of tissue-paper at the enterprise of Syktyvkar Tissue Group OJSC are presented. The main result of scientific research was a preliminary assessment of the study of the recovered paper stock preparation technology at the enterprise, for which the sampling from various stages of production were examined by a scanning electron microscope, which made it possible to visually assess the degree of cleaning of recovered paper from impurities from images of the microstructure of the surface of various scales. The chemical composition of the main additives was established by energy-dispersive X-ray spectral micro assay (EDX). Preliminary assessment of the nature of contamination, visual assessment of the microstructure of samples obtained from recovered paper stock from various stages of cleaning, allowed the engineers of the enterprise to evaluate the effectiveness of individual units of the stock preparation department for the production of tissue-paper. The obtained data will make it possible to specify the scientific and technical task and direct subsequent scientific work to improve the recovered paper stock preparation unit, which more requires perfection.

Keywords: recovered paper, tissue papers, microstructure of tissue paper.

References

1. Alto consulting group. URL: <https://alto-group.ru/new/2628-proizvodstvo-sanitarno-gigienicheskoy-bumazhnoy-produkcii-v-2019-godu-vyroslo-na-161.html>. (in Russ.).
2. Vanchakov M.V., Kuleshov A.V., Dubovoy Ye.V., Kazakov Ya.V. *Tekhnologiya i oborudovaniye pererabotki makulatury: uchebnoye posobiye*. [Technology and equipment for waste paper processing: a tutorial]. St. Petersburg, 2017, 322 p. (in Russ.).
3. Syktyvkar Tiss'yu Grup [Syktyvkar Tissue Group]. URL: <http://www.sgbi.ru>. (in Russ.).
4. Kazakov Ya.V. *Kharakteristiki deformativnosti kak osnovopolagayushchiy kriteriy v otsenke kachestva tsellyulozno-bumazhnykh materialov: avtoref. diss. ... d-ra tekhn. nauk*. [Characteristics of deformability as a fundamental criterion in assessing the quality of pulp and paper materials: Ph.D. diss. ... Dr. tech. Sciences]. Arkhangel'sk, 2015, 47 p. (in Russ.).
5. Hirn U., Schennach R. *Advances in Pulp and Paper Research*, Oxford, 2017, pp. 839–863.
6. Alashkevich Yu.D., Pen R.Z., Karetnikova N.V., Chendylova L.V., Kozhukhov V.A., Voronin I.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 2, pp. 365–371. DOI: 10.14258/jcpm.2020025638. (in Russ.).
7. Ivanov D.A., Ivanov K.A., Rudenko A.P., Alashkevich Yu.D. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 131–136. DOI: 10.14258/jcpm.201504553. (in Russ.).
8. Prokhorov D.A., Smolin A.S. *Izvestiya vuzov Lesnoy zhurnal*, 2020, no. 2, pp. 159–168. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-2-159-168. (in Russ.).
9. *Fisher Tissue Databank*. Fisher International, 2019, 78 p.
10. Fleschhut E. *Development of a Technical Design Tool for Tissue Machines: Bachelor Thesis*. Ravensburg, 2018, 72 p.
11. Kan C.W., Leung M.H.M. *Applied Mechanics and Materials*, 2016, pp. 162–165. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.848.162.
12. Tiago A., Reisinger T., Lee W., Lokendra P., Joel P., Hasan J., Ronalds W. *BioResources*, 2018, vol. 13, pp. 4593–4629. DOI: 10.15376/biores.13.2.deassis.
13. *Valmet tissue*. URL: <https://www.valmet.com/media/articles/tissue/>.
14. *Voith tissue papermaking machines*. URL: <https://voith.com/corp-en/industry-solutions/papermaking/tissue-paper-making-machines.html>.
15. *Andritz tissue story*. URL: <https://www.tissuestory.com/andritz/>.
16. *Kadant tissue papermaking*. URL: <https://kadant.com/en/blog/roll-cleaning/chapter-2-common-definitions-in-the-tissue-industry>.
17. Boudreau J., Germgard U. *BioRes.*, 2014, vol. 9, pp. 2107–2114.
18. Fišerová M., Gigac J., Stankovská M., Opálená E. *Cell. Chem. Technol.*, 2019, vol. 53, pp. 469–477.
19. Morais F.P., Bértolo R.A.C., Curto J.M.R., Amaral M.E.C.C., Carta A.M.M.S., Evtugin D.V. *Mater. Lett.: X*, 2019, vol. 4, 100028.
20. Park J.Y., Melani L., Lee H., Kim H.J. *Nord. Pulp Pap. Res. J.*, 2019, vol. 34, pp. 173–181.
21. Valencia C., Valencia Y., Tovar C.D.G. *Polymers*, 2020, vol. 12, p. 173.
22. Morais F.P., Carta A.M.M.S., Amaral M.E., Curto J.M.R. *Cellulose*, 2021, vol. 28, pp. 6587–6605.
23. *Pulp and Paper Online*. URL: <https://www.pulpandpaperonline.com/doc/mac-cell-deinking-cell-0001>.

* Corresponding author.

24. ISO 4119. *Pulps – Determination of stock concentration*. Geneva, Switzerland, 1995, 3 p.
25. ISO 5269-2. *Pulps – Preparation of laboratory sheets for physical testing – Part 2: Rapid-Köthen method*. International Organization of Standardization. Geneva, Switzerland, 2004, 8 p.
26. TESCAN демектор BSE. URL: www.tescan.ru/products/sem-detectors.
27. TESCAN MIRA3 microscope. *Download Brochure*. URL: www.tescan-uk.com/tecnology/sem/mira3.
28. Patent 2723972 (RU). 18.06.2020. (in Russ.).
29. Midukov N.P., Kazakov Ya.V., Heineman S., Kurov V.S., Smolin A.S. *Fiber Chemistry*, 2020, vol. 52, pp. 51–57.
30. Midukov N.P., Kurov V.S., Ermatova K.Kh., Smolin A.S., Somov P.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. 2019, no. 4, pp. 109–112. DOI: 10.14258/jcprm.201904428. (in Russ.).

Received July 18, 2021

Revised November 11, 2021

Accepted November 16, 2021

For citing: Kurov V.S., Kostin V.A., Midukov N.P., Osipov P.V., Ushanova E.A., Petrov S.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2022, no. 1, pp. 343–353. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2022019862.