

УДК 686.117

**И. В. Марченко, В. М. Городецкая**

Белорусский государственный технологический университет

**ИССЛЕДОВАНИЕ БУМАГИ ПЕРЕД РЕСТАВРАЦИЕЙ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ**

В данной статье представлены результаты экспериментального и теоретического исследования документов на бумажных носителях. Сохранение документальных памятников – первоочередная задача государства и общества. Естественное старение, нарушения в режиме хранения, неаккуратность читателей, чрезвычайные ситуации – это основные причины утраты письменных памятников. Изучение проблем реставрации необходимо для предотвращения потерь ценных документов. В статье рассмотрены проблемы старения бумаги. Изучение компонентов композиционного состава образцов бумаг XIX–XX века проводилось на сканирующем электронном микроскопе. Были проанализированы микрофотографии образцов бумаги в 100-кратном увеличении. Данные исследования позволяют определить примерную природу волокон целлюлозы, толщину и длину волокна, деформацию. Длина волокна влияет на прочность листа. Деформация волокна ослабляет лист. В процессе исследования образцов бумаги были получены данные неорганической части состава материала. При 100-кратном увеличении можно рассмотреть волокна бумаги и наличие наполнителей и проклеивающих веществ. Частицы наполнителя, заполняя крупные поры бумаги, разъединяют волокно, увеличивая общую пористость бумажного листа. Анализ полученных изображений позволяет оценить структуру бумаги и некоторые ее свойства. Это делает необходимым дальнейшее изучение свойств старинных бумаг перед началом реставрации. Данные исследования представляют особый интерес и являются весьма актуальными.

**Ключевые слова:** старение, реставрация, бумага, волокна целлюлозы, наполнители, зольность, деформация.

**I. V. Marchenko, V. M. Gorodetskaya**

Belarusian State Technological University

**PAPER RESEARCH BEFORE RESTORATION OF PRINTED PUBLICATIONS**

This article presents the results of an experimental and theoretical study of paper documents. The preservation of documentary monuments is the primary task of the state and society. Natural aging, violations in the storage regime, carelessness of readers, emergency situations are the main reasons for the loss of written monuments. Research into restoration issues is essential to prevent the loss of valuable documents. The article deals with the problems of paper aging. The study of the components of the compositional composition of paper samples of the XIX–XX centuries was carried out using a scanning electron microscope. Micrographs of paper samples were analyzed at 100x magnification. These studies make it possible to determine the approximate nature of cellulose fibers, fiber thickness and length, and deformation. Fiber length affects the strength of the sheet. Deformation of the fiber weakens the sheet. In the process of studying paper samples, data were obtained for the inorganic part of the composition of the material. At 100x magnification, paper fibers and the presence of fillers and sizing agents can be seen. Filler particles, filling large pores of the paper, separate the fiber, increasing the overall porosity of the paper sheet. Analysis of the images obtained allows us to evaluate the structure of the paper and some of its properties. This makes it necessary to further study the properties of old papers before the start of restoration; these studies are of particular interest and are very relevant.

**Key words:** aging, restoration, paper, cellulose fibers, fillers, ash content, deformation.

**Введение.** В библиотеках, архивах и музеях нашей страны хранится большое количество документов и произведений на бумажной основе (книги, рукописи, рисунки, гравюры и т. д.). Их сохранение и реставрация вызывают значительные сложности из-за недолговечности и особой ранимости этих материалов и изделий из них.

Сегодня огромное количество печатных изданий нуждается в реставрации, но ежегодно

реставрируется лишь малая их часть. В библиотеках, архивах и музеях Беларуси хранится большое количество бумажных документов, образующих общее национальное достояние. Большая часть этих документов относится к XIX–XX векам, которые для культуры, науки и истории Беларуси являются очень важным периодом.

**Основная часть.** Из-за несовершенства производственных технологий в XIX–XX веках

качество произведенной бумаги за время хранения ухудшается, она окисляется, становится ломкой, нарушаются химические связи целлюлозы, и процесс приводит к полному разрушению структуры.

Естественное старение, нарушения в режиме хранения, неаккуратность читателей, чрезвычайные ситуации, вызванные как авариями, так и стихийными бедствиями, – вот основные причины утраты письменных памятников. Поэтому вопросы обеспечения их сохранности превратились в отдельную отрасль научных исследований архивистов, биологов, химиков и других специалистов.

Природная целлюлоза, являющаяся основным компонентом бумаги, в силу своего строения способна к реакциям окисления и гидролиза, результатом которых является ее деполимеризация, т. е. деструкция. Состав растительных волокон, процессы и результаты переработки сырья, условия окружающей среды определяют начало и скорость реакций [1].

Пожелтение бумаги может быть вызвано присутствием лигнина и гемицеллюлоз. Присутствие этой низкомолекулярной фракции целлюлозы, наиболее активно подвергающейся деструктивным процессам, в свою очередь приводит к возникновению новых функциональных групп, обладающих кислотными свойствами.

Пожелтению бумаги способствуют экстрактивные вещества древесины, канифольная и в некоторой степени даже желатиновая проклейка. Пожелтение также связывают с наличием следов металлов в бумаге. Например, отмечается, что на пожелтение бумаги, не содержащей древесную массу, влияет количество имеющихся в ней органических соединений железа, неустойчивых к действию света.

Сильнее всего бумага желтеет на свету, особенно содержащая древесную целлюлозу, но в большей степени – содержащая древесную массу [1].

Реставрацию старинных документов, книг и других печатных изданий начинают с изучения состояния бумаги и выбора способа ее реставрации.

Бумага может быть ветхая, рыхлая, ломкая, мало впитывающая, сильно впитывающая, пораженная плесенью, с утраченными частями листа, и важно правильно выбрать необходимые растворы и способы реставрации.

Качество и эффективность практической реставрационной работы в большей степени зависит от применяемых материалов и химических веществ.

Если в руках реставратора, владеющего технологиями и приемами для выполнения работы

самого высокого уровня сложности, окажутся материалы, непригодные для реставрации, то документ может быть утрачен.

Для целенаправленного выбора реставрационных веществ и проверки их действия на бумагу проводят искусственное старение композита «бумага – полимер» и определяют механические свойства образцов, их светостойкость. На основании результатов исследований выбирают укрепляющие реагенты, клеи, проклейки, которые не оказывают отрицательного действия на реставрируемую бумагу – не влияют на ее внешний вид и не придают ей жесткость [2].

В данной работе исследовались образцы бумаг из изданий конца XIX – начала XX века: образец № 1 – издание 1875 г.; № 2 – 1895 г.; № 3 – 1905 г.; № 4 – 1910 г.; № 5 – 1939 г.; № 6 – 1968 г.; № 7 – 1977 г.; № 8 – 1990 г.

Анализ компонентов композиционного состава старинных бумаг (рис. 1, 2) проводился на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 (JEOL, Япония). Маленький диаметр зонда микроскопа даже при низких ускоряющих напряжениях и высоких токах позволяет проводить элементный анализ образцов с размерами анализируемой области в несколько десятков нанометров.

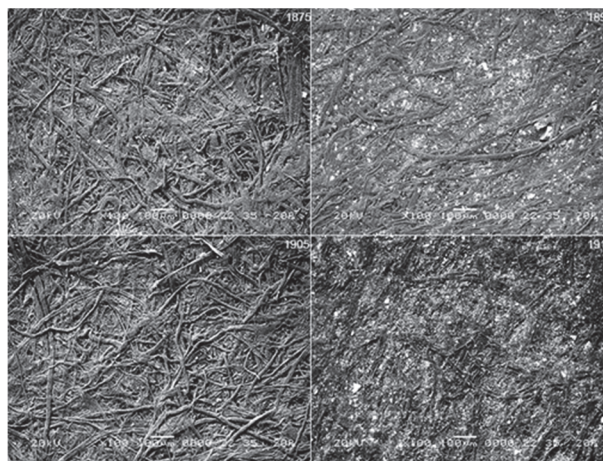


Рис. 1. Образцы бумаги с 1875 по 1910 г. в 100-кратном увеличении

В наномасштабе бумага представляет собой сетку волокон. Данные исследования позволяют определить примерную природу волокон целлюлозы, толщину и длину волокна, деформацию, изгибаемость. Длина волокна влияет на прочность листа. Деформация волокна ослабляет лист.

Более тонкие волокна дают более хорошее и равномерное формование. Основываясь на информации о площади поверхности волокна и его

периметре, рассчитывают длину и ширину эквивалента его как прямоугольного объекта. Длина и ширина описывают модель реально наблюдаемого объекта, который, в свою очередь, имеет менее определенную форму. Ширина волокон снижается, когда лигнин выводится из волокна.

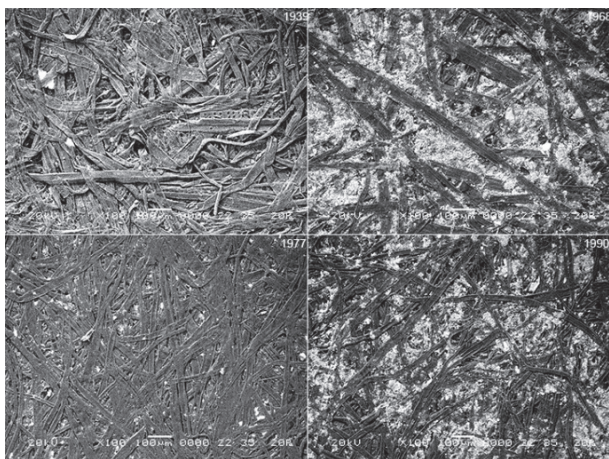


Рис. 2. Образцы бумаги с 1939 по 1990 г. в 100-кратном увеличении

Одним из постоянных идентификационных признаков бумаги является ее минеральный состав, который отражает в основном композицию наполнителей (каолин, тальк, гипс, бланфикс и др.), вводимых в бумагу на стадии изготовления бумажной массы. Помимо наполнителей в состав бумаги входят и другие неорганические вещества, используемые для придания бумаге белизны, цвета, устранения пятен смолы и т. д. Неорганические вещества также вводят в состав бумаги вместе с ее основными компонентами – целлюлозой, водой, клеем.

В процессе исследования образцов бумаги были получены данные неорганической части

состава материала (таблица). При 100-кратном увеличении можно рассмотреть волокна бумаги и наличие наполнителей и проклеивающих веществ.

Наполнители улучшают оптические и физические свойства бумаги. Это увеличение непрозрачности и белизны бумаги; улучшение гладкости, отделки и способности воспринимать печать, особенно после каландрирования. Частицы наполнителя, заполняя крупные поры бумаги, разъединяют волокно, увеличивая общую пористость бумажного листа. Бумага с наполнителями лучше воспринимает печать, так как частицы каолина легче смачиваются печатной краской, чем волокна; кроме того, каолин увеличивает количество капилляров в бумаге, притом более тонких.

О количестве содержащегося в бумаге наполнителя судят по зольности. Содержание золы в бумаге соответствует примерному содержанию неорганических веществ, но не определяет количество каждого из них в отдельности.

По содержанию минерального наполнителя все виды бумаги условно делятся на несколько классов:

- бумага с естественной зольностью, без минерального наполнителя;
- бумага малозольная, с содержанием золы до 5%;
- бумага со средней зольностью, с содержанием золы до 15%;
- бумага с повышенной зольностью, с содержанием золы более 15%;
- бумага высокозольная, с содержанием золы более 25%.

В качестве наполнителей чаще всего используются следующие материалы: мел, каолин, тальк, сульфаты бария и кальция, двуокись титана, различные алюмосиликаты, пигменты на основе карбамидоформальдегидного концентрата, микрокапсульные полистирольные пигменты и другие вещества.

#### Содержание неорганических веществ в бумаге (концентрация, %)

Элемент	Год							
	1875	1895	1905	1910	1939	1968	1977	1990
C	70,50	50,82	73,96	43,06	61,99	33,06	60,08	35,36
Al	9,55	17,78	10,46	19,01	14,04	25,26	6,71	24,89
Si	10,57	26,79	7,92	32,35	18,59	40,54	17,70	38,06
S	1,14	1,16	1,93	1,06	2,61	–	–	–
Cl	2,41	0,54	2,30	1,17	1,28	0,51	2,28	0,44
K	1,28	1,05	–	0,96	–	0,21	1,03	0,68
Ca	4,57	0,83	3,42	1,17	1,49	0,42	8,14	0,11
Fe	–	1,03	–	1,23	–	–	–	–
Mg	–	–	–	–	–	–	4,07	–
Ti	–	–	–	–	–	–	–	0,46

Введение наполнителя в композицию бумаги имеет свои преимущества и недостатки:

*преимущества* – экономия волокнистых полуфабрикатов; повышается белизна, непрозрачность, впитывающая способность бумаги и гладкость бумаги после каландрирования;

*недостатки* – снижается прочность бумаги; затрудняется ее проклейка.

Каолин (белая глина) – алюмокремниевая кислота, порошок белого цвета гексагональной формы, средний размер частиц около 2 мкм, белизна 70–90%, коэффициент преломления 1,56. Свободные железистые минералы, присутствующие в каолине, придают ему оттенки от светло-желтого до красно-бурого. На оптические свойства каолина оказывают влияние титановые минералы.

Тальк – кислая соль метакремниевой кислоты. Порошок белого цвета, пластинчатой, игольчатой или чешуйчатой формы, размер частиц 2–10 мкм, белизна 70–80%, коэффициент преломления 1,57. Тальк придает бумаге мягкость, бесшумность, лоск, повышает адсорбцию печатных красок и лаков. В то же время тальк способствует повышению пыльности бумаги, снижает действие оптических отбеливателей.

Гипс – минерал класса сульфатов, порошок белого цвета. В обожженном состоянии размер частиц уменьшается и белизна гипса повышается. Средний размер частиц обожженного гипса около 5 мкм, белизна 85–96%, коэффициент преломления 1,57. Природный гипс придает бумаге звонкость и жесткость на ощупь. Гипс слабо снижает прозрачность бумаги, плохо сглаживает ее после каландрирования, способствует повышению пыльности бумаги.

Титановые пигменты – двуокись титана или сочетание с серноокислым барием. Порошок белого цвета, размер частиц 0,3–0,5 мкм, белизна 95–98%, коэффициент преломления 2,55. Титановые пигменты придают бумаге высокую степень непрозрачности.

Мел – природный или химически осажденный карбонат кальция, твердое вещество белого цвета, нерастворимый в воде, растворяется в слабой кислоте. Средний размер частиц осажденного мела 0,2–0,4 мкм, плотность 2,0–2,9 г/м<sup>3</sup>, белизна 80–95%, коэффициент преломления 1,48–1,68. Мел придает бумаге мягкость, белизну, непрозрачность, повышает впитываемость печатных красок и лаков. В производстве чаще всего применяется не как наполнитель, а как пигмент для облагораживания бумаги с целью получения на ней хорошего визуального восприятия печатного изображения (мелование бумаги) [3].

**Заключение.** Таким образом, тщательное изучение реставрируемых изделий и конкретно бумаг позволит специалисту правильно подобрать необходимые материалы для работы и выбрать ту методику и те технологии, которые сохраняют старинные изделия и продлят им жизнь. В практику реставрации могут быть внедрены только те материалы, которые гарантированно не оказывают отрицательного воздействия на документы в процессе длительного хранения. Именно этим объясняется тот факт, что из огромного ассортимента бумаги, клея, полимерных пленок и других материалов, выпускаемых промышленными предприятиями и предлагаемых на рынке, реставраторы используют лишь немногие.

Анализ полученных изображений позволяет оценить структуру бумаги и некоторые ее свойства. Ее строение соответствует стандартному составу, однако в структуре слоя имеются частички неизвестной природы. Их наличие, вероятнее всего, не является случайным и указывает на специфичность структуры бумаги. Это делает необходимым дальнейшее изучение свойств старинных бумаг перед началом реставрации. Данные исследования представляют особый интерес и являются весьма актуальными в области сохранения книжного культурного наследия Беларуси.

### Список литературы

1. Добрусина С. А. Стабилизация бумаги документов: учеб. пособие. М.: Межрегиональный центр библиотечного сотрудничества, 2014. 176 с.
2. Никитин М. К., Мельникова Е. П. Химия в реставрации: справ. изд. Л.: Химия, 1990. 304 с.
3. Стефанов С. Этот удивительный материал – бумага // КомпьюАрт. 2002. № 10 [Электронный ресурс]. URL: <https://compuart.ru/article/15372> (дата обращения: 12.04.2020).

### References

1. Dobrusina S. A. *Stabilizatsiya bumagi dokumentov: ucheb. posobiye* [Stabilization of paper documents: textbook]. Moscow, Interregional Center for Library Cooperation Publ., 2014. 176 p.
2. Nikitin M. K., Melnikova E. P. *Khimiya v restavratsii: sprav. izd.* [Chemistry in restoration: ref. ed.]. Leningrad, Khimiya Publ., 1990. 304 p.
3. Stefanov S. *Etot udivitel'nyy material – bumaga* [This amazing material is paper]. Available at: <https://compuart.ru/article/15372> (accessed 04.06.2020).

### Информация об авторах

**Марченко Ирина Валентиновна** – магистр технических наук, старший преподаватель кафедры полиграфических производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: Marchenko\_i\_v@belstu.by

**Городецкая Вероника Михайловна** – студентка. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: veronikarasag12@gmail.com

### Information about the authors

**Marchenko Irina Valentinovna** – Master of Engineering, Senior Lecturer, the Department of Printing Production. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: Marchenko\_i\_v@belstu.by

**Gorodetskaya Veronika Mikhaylovna** – student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: veronikarasag12@gmail.com

*Поступила 15.08.2020*