

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РЕСТАВРАЦИИ» (ФГБНИУ «ГОСНИИР»)

Художественное наследие.
Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.

Международное сетевое рецензируемое научное издание

№4 (16) 2025

МОСКВА 2025

THE MINISTRY OF CULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

THE STATE RESEARCH INSTITUTE FOR RESTORATION

Художественное наследие.
Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.

An international peer-reviewed online scientific journal

№4 (16) 2025

MOSCOW 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Д. Б. Антонов

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

А. С. Макарова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А. Н. Балаш, В. В. Баранов, С. И. Баранова, Г. И. Вздорнов, В. Г. Гагарин,
М. Ф. Дубровин, В. В. Игошев, С. С. Ипполитов, С. А. Кочкин, А. В. Кыласов,
Л. И. Лифшиц, Т. К. Мкртычев, А. В. Огороков, С. А. Писарева, И. Н. Проворова,
И. Г. Равич, Н. Л. Ребрикова, Н. В. Синявина, С. В. Филатов, Н. Е. Шафажинская,
О. В. Яхонт.**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИИ:

О. Г. Кирьянова

РЕДАКТОР:

Г. И. Герасимова

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44 стр. 1

e-mail: journal@gosniir.ru

Сайт: <http://www.journal-gosniir.ru/>

Свидетельство о регистрации СМИ ЭЛ. № ФС77-82901 ОТ 14.03.2022

ISSN 2782-5027

© ФГБНИУ «ГОСНИИР», 2025

© Авторы статей, 2025

EDITOR-IN-CHIEF:

Dmitriy B. Antonov

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Anastasia S. Makarova

EDITORIAL BOARD:

**A. N. Balash, V. V. Baranov, S. I. Baranova, G. I. Vzdornov, V. G. Gagarin, M. F. Dubrovin,
V. V. Igoshev, S. S. Ippolitov, S. A. Kochkin, A. V. Kylasov, L. I. Lifshic, T. K. Mkrttychev,
A. V. Okorokov, S. A. Pisareva, I. N. Provorova, I. G. Ravich, N. L. Rebrikova, N. V. Sinyavina,
S. V. Filatov, N. E. Shafazhinskaya, O. V. Yahont.**

EXECUTIVE SECRETARY:

O. G. Kiryanova

EDITOR:

G. I. Gerasimova

Quarterly journal

Address:

44-1, Gastello St., Moscow, Russia, 107014

e-mail: journal@gosniir.ru

Web-site: <http://www.journal-gosniir.ru/>

Mass media registration certificate EL. N° FS77-82901 from 14.03.2022

ISSN 2782-5027

СОДЕРЖАНИЕ

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-6-15

Алешкина Е. В., Гребенщикова А. Б., Иванова Ю. В.

Раскрытие станковой и настенной живописи от липидсодержащих слоёв: достоинства и недостатки комплекса носитель / детергент

7

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-16-28

Воронина М. М., Алешкина Е. В.

Атрибуция и реставрация портрета Петра I из собрания Тульского государственного музея оружия. Опыт применения укрепляющего состава из смеси белкового и не белкового адгезивов

17

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-29-39

Денисов Д. В., Никитина Т. Л.

К истории изучения росписей церковей Ростовского митрополичьего дома

30

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-40-52

Ермакова Н. В.

Хранение экспонатов с химическими волокнами

41

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-53-63

Михалева М. Г., Занин А. М., Веденкин А. С., Политенкова Г. Г., Соболев М. И., Масленникова Н. П., Лоцманова Е. М., Кашеев А. А., Стовбун С. В.

О применении отечественной нанодисперсной целлюлозы при реставрации бумаги

54

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-64-84

Свердлова С. В., Першин Д. С.

Подтверждение общего авторства двух новгородских икон второй половины XIII века. Результаты технико-технологических исследований

65

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-85-97

Цхай А. А.

Искусство армянского переплёта: технология, проблемы реставрации

86

CONTENTS

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-6-15

Aleshkina E. V., Grebenshikova A. B., Ivanova Y. V.

Cleaning of easel painting and wall painting from lipid-containing layers:
advantages and disadvantages of delivery system / detergent complexes

7

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-16-28

Voronina M. M., Aleshkina E. V.

Attribution and conservation of the Portrait of Peter The First
from The Tula State Arms Museum.
Experience in application of consolidation mixture
of protein and non-protein adhesives

17

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-29-39

Denisov D. V., Nikitina T. L.

On the history of the study of mural paintings
in the churches of The Rostov Metropolitan House

30

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-40-52

Ermakova N. V.

Storage of exhibits made of chemical fibers

41

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-53-63

**Mikhaleva M. G., Zanin A. M., Vedenkin A. S., Politenkova G. G., Sobolev M. I.,
Maslennikova N. P., Lotsmanova E. M., Kashcheev A. A., Stovbun S. V.**

On the use of domestic nanodispersed cellulose in paper restoration

54

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-64-84

Sverdlova S. V., Pershin D. S.

Confirmation of the common autorship of two Novgorod icons
of the second half of the thirteenth century.
Results of technique and technology research

65

DOI: 10.24412/2782-5027-2025-4-85-97

Tskhay A. A.

The art of Armenian bookbinding: technology and restoration issues

86

**М. Г. Михалева, А. М. Занин, А. С. Веденкин, Г. Г. Политенкова,
М. И. Соболев, Н. П. Масленникова, Е. М. Лоцманова, А. А. Кашчев,
С. В. Стовбун**

О ПРИМЕНЕНИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАНОДИСПЕРСНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ПРИ РЕСТАВРАЦИИ БУМАГИ*

Данная работа описывает перспективность применения наноцеллюлозы в реставрационных целях, предлагая эффективные методы восстановления бумажных документов. В работе обсуждаются свойства и процесс получения наноразмерной фракции целлюлозы, пригодной для использования в реставрации. Наноцеллюлоза как перспективный материал обладает огромной удельной поверхностью, биоразлагаема и биосовместима. Псевдо-наноцеллюлоза, получаемая в лабораторных условиях и применяемая нами для реставрации, является менее энергозатратным в производстве продуктом, чем истинная наноцеллюлоза, и представляет собой не полностью раскрученные микрофибриллы. Это делает ее идеальным кандидатом для реставрационных работ, где не требуется многотоннажное производство. В статье описан лабораторный способ получения псевдо-наноцеллюлозы, включающий в себя кислотный гидролиз и ультразвуковую обработку. С точки зрения химической физики представлен процесс формирования — из перекрученных волокон наноцеллюлозы — трехмерной решетки, которая обеспечивает армирование бумажных носителей. Взаимопроникновение решеток псевдо-наноцеллюлозы и бумаги механически усиливает взаимодействие между ними, превосходя традиционные синтетические консолиданты. Продемонстрирована практическая возможность применения наноцеллюлозы для реставрации документов на бумажной основе. Установлено, что псевдо-наноцеллюлоза обладает хорошей адгезией к бумаге различного состава и остается прозрачной на бумаге после высыхания, не создавая дополнительного вуалирования текста. Показано, что раствор псевдо-наноцеллюлозы укрепляет поврежденную бумагу с минимальными визуальными изменениями, что важно для сохранения эстетики документов. Применение псевдо-наноцеллюлозы упрощает реставрацию хрупких, полупрозрачных документов с высоким содержанием древесной массы. Исследования показали увеличение сопротивления излому и прочности на разрыв после обработки псевдо-наноцеллюлозой.

Ключевые слова: наноцеллюлоза, фибриллы, суспензия, атомно-силовая микроскопия, бумага, реставрация, прочность, армирование.

**M. G. Mikhaleva, A. M. Zanin, A. S. Vedenkin, G. G. Politenkova,
M. I. Sobolev, N. P. Maslennikova, E. M. Lotsmanova, A. A. Kashcheev,
S. V. Stovbun**

ON THE USE OF DOMESTIC NANODISPERSED CELLULOSE IN PAPER RESTORATION

This paper describes the potential of using nanocellulose for restoration purposes, proposing effective methods for restoring paper documents. The paper discusses the properties and process of producing a nanosized cellulose fraction suitable for use in restoration. Nanocellulose, as a promising material, has a large specific surface area and is biodegradable and biocompatible. Pseudo-nanocellulose, obtained in laboratory conditions and used by us for restoration, is less energy-intensive to produce than true nanocellulose and consists of incompletely unwound microfibrils. This makes it an ideal candidate for restoration work that does not require large-scale production. A laboratory method for producing pseudo-nanocellulose is described, involving acid hydrolysis and ultrasonic treatment. The formation of a three-dimensional lattice of twisted nanocellulose fibers, which provides reinforcement for paper

* Статья подготовлена в рамках государственного задания ФИЦ ХФ РАН.

media, is described from a chemical physics perspective. The interpenetration of the pseudo-nanocellulose lattices and paper mechanically enhances the interaction between them, outperforming traditional synthetic consolidants. The practical feasibility of using nanocellulose for the restoration of paper-based documents is demonstrated. Pseudo-nanocellulose has been found to exhibit good adhesion to paper of various compositions and remains transparent on the paper after drying, without creating additional text obscuring. A pseudo-nanocellulose solution is shown to strengthen damaged paper with minimal visual changes, which is important for preserving the aesthetics of documents. The use of pseudo-nanocellulose simplifies the restoration of fragile, translucent documents with a high wood pulp content. Studies have shown increased fracture resistance and tensile strength after treatment with pseudo-nanocellulose.

Keywords: nanocellulose, fibrils, suspension, atomic force microscopy, paper, restoration, strength, reinforcement.

Введение

Создание новых материалов с уникальными свойствами, которые могут быть использованы в различных областях промышленности, медицины и техники, являются приоритетным направлением современной науки.

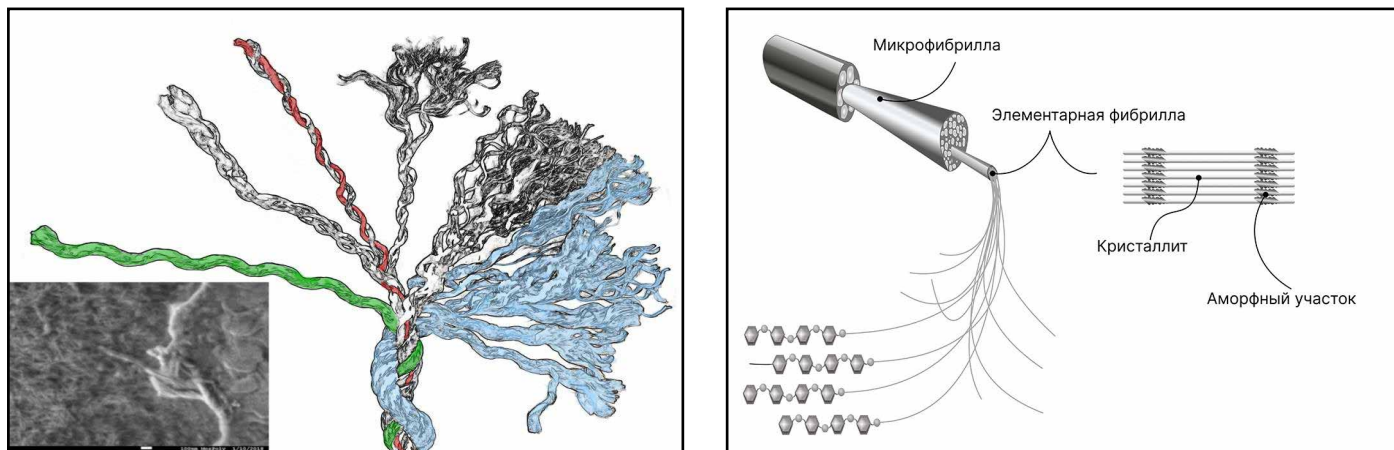
Одним из перспективных материалов является наноцеллюлоза (НЦ) — наноразмерная фракция целлюлозы, обладающая огромной удельной поверхностью, способная служить армирующим компонентом композитных материалов, и, помимо этого, биоразлагаемая и биосовместимая. Эти преимущества делают НЦ востребованной в различных отраслях, в том числе в реставрации музейных предметов: рукописей, книг, документов актовой письменности, памятников изобразительного искусства на бумажной и текстильной основе¹.

Целлюлозное волокно имеет сложную надмолекулярную организацию, состоящую из нескольких включенных в нее суперспиральных структурных уровней (нанофибрилл диаметром менее 10 нм и микрофибрилл диаметром менее 100 нм), которая оптимизирована для функционирования в живой природе (ил. 1). Следовательно, в процессе получения НЦ необходимо преодолеть энергетические барьеры, связанные с реорганизацией данной структуры и обусловленные раскручиванием целлюлозных фибрилл различного уровня².

В настоящее время известны различные лабораторные способы получения нанофибрилл целлюлозы. Они являются энергозатратными и поэтому весьма дорогостоящими для многотоннажных производств композиционных материалов, чем сильно ограничивается промышленное применение НЦ. Однако в случае реставрации бумажных носителей достаточно лабораторных установок для обеспечения необходимого количества НЦ. Это связано с тем, что, во-первых, при реставрационных работах можно эффективно использовать не истинную наноцеллюлозу, а псевдо-наноцеллюлозу (ПНЦ), представляющую собой не полностью раскрученные микрофибриллы. Во-вторых, производство ПНЦ менее энергозатратно, чем производство НЦ, а количество ПНЦ, необходимое для реставрации в архивной отрасли, на порядки не сопоставимо с количеством НЦ, требующейся в химической промышленности.

Следует отметить, что в данной работе использован лабораторный способ получения ПНЦ, однако при линейном масштабировании не сложно обеспечить

переход к промышленному производству в размерах потребностей архивной отрасли. Преимущество такого подхода состоит в том, что поэтапное добавление в производственную схему однотипных установок не требует изучения и учета сложных эффектов, вызванных увеличением объема и устройства реактора.



Ил. 1.

Структура целлюлозного волокна: А — электронная фотография раскручивающегося волокна целлюлозы; Б — модель раскручивающегося волокна целлюлозы, на примере каната; В — иллюстрация процесса раскручивания волокна целлюлозы

Получение ПНЦ осуществляется путем двухстадийного процесса, включающего в себя химическую и физическую обработку. На первом этапе происходит кислотный гидролиз товарной целлюлозы, затем проводится ультразвуковая обработка в воде для дополнительного измельчения материала³. В результате получается белая однородная неседиментирующая суспензия НЦ. Ее структура формируется за счет многочисленных перехлестов, раскрученных до нанофибрилл и макромолекул частиц целлюлозы, которые образуют непрерывную сильно связанную решетку⁴. Такая структура при высыхании способна образовывать тонкую, прозрачную, при этом прочную плёнку, за счет чего при нанесении на поверхность, например, архивного документа, происходит укрепление основы бумаги. При этом ПНЦ не изменяет морфологию поверхности, что особенно важно при реставрации произведений искусства.

Цель настоящей работы — оценить перспективы использования отечественной ПНЦ, полученной в лабораторных условиях, для реставрации бумажных документов.

Материалы и методы

В качестве сырья использовалась отбеленная сульфатная целлюлоза лиственных пород (Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат). На первом этапе сырье замачивали в дистиллированной воде при комнатной температуре в течение 72 ч и затем трижды промывали свежей дистиллированной водой. Полученную пульпу отжимали на стеклянном фильтре под вакуумом. Затем целлюлозную массу обрабатывали горячим (93 – 95°C) 10% раствором серной кислоты в течение 120 минут. После гидролиза целлюлозную массу повторно отжимали для удаления кислоты,

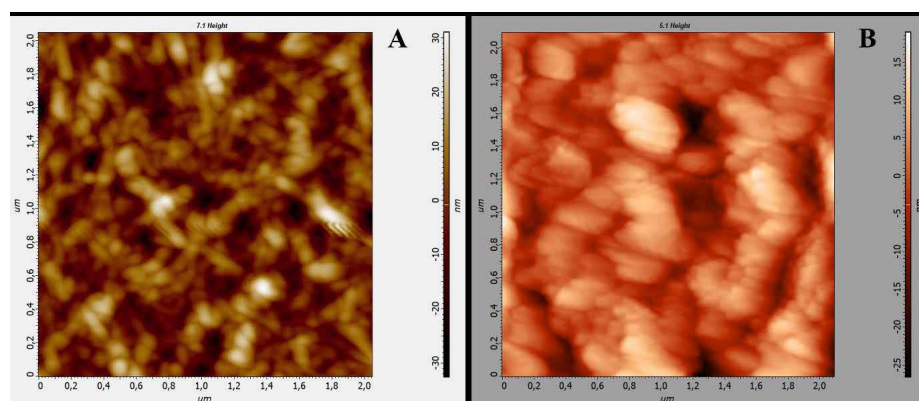
промывали дистиллированной водой до нейтрального рН и сушили теплым воздухом до остаточной влажности 5 – 6%. Высушенную целлюлозу измельчали с помощью шаровой мельницы (БМР/60, ООО «Техно-центр», г. Рыбинск) и подвергали ультразвуковой обработке в дистиллированной воде (5% целлюлозы после гидролиза, 40 мин., 350 Вт/см²) для дополнительного измельчения материала. Остаточную микрокристаллическую целлюлозу осаждали центрифугированием (20 мин., 3170 g), далее отбирали супернатант. Последний представлял собой белую, однородную суспензию ПНЦ с концентрацией 0,2%. Концентрацию оценивали по изменению веса после испарения воды (± 5 мг).

Для исследований структуры пленки, полученной из ПНЦ, использовался метод атомно-силовой микроскопии (АСМ). На подложку из стекла помещали 50 μ л суспензии ПНЦ и высушивали на воздухе около суток. После высыхания подложку с ПНЦ исследовали с помощью атомно-силового микроскопа (ООО «НТ-МДТ»), работающего в полуконтактном режиме, предпочтительном для мягких и легкоразрушаемых материалов. Общая высота острия кантилевера АСМ лежит в диапазоне 9 – 16 мкм, угол раскрытия конуса острия составляет не более 22°, радиус кривизны острия — 10 нм⁵.

Результаты и обсуждение

Как видно на *ил. 2*, при высыхании суспензии ПНЦ на поверхности образуется трехмерная решетка с шагом 0,2 – 0,3 мкм из перекрученных между собой волокон ПНЦ, имеющих диаметр около 30 – 60 нм. Поскольку ПНЦ имеет хорошую когезию к бумаге различного состава, как будет показано ниже, именно этим обеспечиваются ее армирующие свойства при реставрации бумажных носителей⁶.

Кроме того, установлено, что ПНЦ могут образовывать не только трехмерную сетку, которая служит гелевой основой, но и плотные и прозрачные плёнки⁷. Плёнки, как видно из сравнения АСМ изображений (*ил. 2 А, 2 В*), сформированы сильно конденсированными субмикроскопическими частицами ПНЦ. Такие плёнки из ПНЦ, формирующиеся на стеклянной подложке, также имеют хорошую когезию к бумаге и поэтому являются перспективными реставрационными материалами.



Ил. 2.

Изображение АСМ показывает формирование тонкого слоя из ПНЦ на стеклянной подложке. Данный А — слой состоит из множества переплетенных между собой волокон, образующих трехмерную решетку; В — поверхность толстой (более 100 мкм) прозрачной пленки, образованной сильно конденсированными наноразмерными частицами ПНЦ

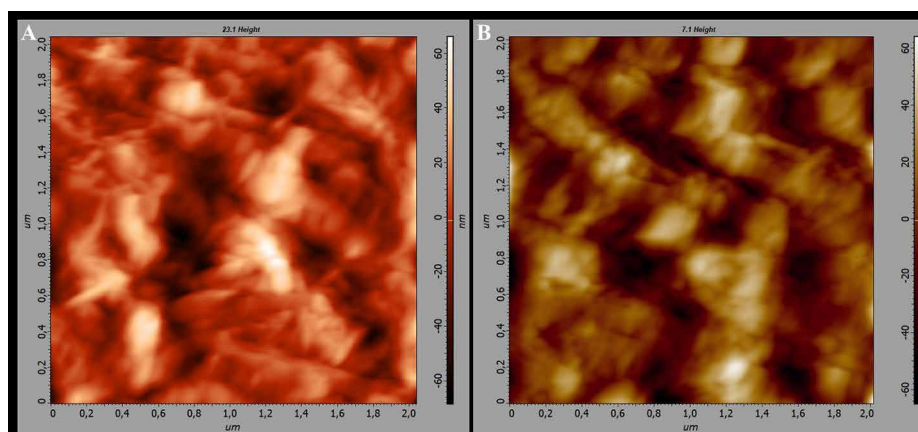
Практическая часть исследований по применению ПНЦ в реставрации документов на бумажной основе проводилась в реставрационной мастерской Архива РАН. Были отобраны документы начала XX века со значительно разрушенной бумажной основой, которая при традиционном типе реставрации была бы изменена. Документы на такой низкосортной бумаге с большим содержанием древесной

массы, хрупкие, значительно изменяющие свой первоначальный цвет, часто полупрозрачные (кальки, папиросная бумага). Это создает дополнительные сложности реставраторам в работе с ними. Применение ПНЦ упрощает проведение реставрационных мероприятий и не вредит эстетике документальных памятников.

Были проведены исследования механических характеристик бумаги, которые показали положительные результаты при ее обработке ПНЦ. Бумага проверялась на излом и изменение прочности на разрыв. При нанесении ПНЦ наблюдается увеличение сопротивления излому по сравнению с необработанным образцом — для однократного и двукратного нанесения примерно в 1,5 и 2 раза (в машинном направлении) соответственно. В поперечном направлении существенное увеличение сопротивления излому также происходит при нанесении ПНЦ с двух сторон: в 2,5 раза при однократном и в 5 раз при двукратном нанесении. Прочность на разрыв, характеризующая прочность межволоконных связей, также увеличилась. В машинном направлении от обработки к обработке прочность возрастает в среднем на 3 Н.

Способы работы с НЦ, которые дали хорошие результаты: напыление, подведение с кисти, укрепление разрывов полосками наноцеллюлозы.

Метод напыления заключается в следующем: 1% водный или водно-спиртовой раствор ПНЦ наносится из мелкодисперсного распылителя на поверхность бумаги. Этот приём хорошо показал себя при работе с документами, основа которых сильно разрушена, хрупкая. Также он подходит для укрепления полотен на прозрачной основе (кальки). ПНЦ использовалась в качестве консолидирующего агента или структурного усилителя, благодаря наличию многочисленных свободных гидроксильных групп и большой удельной площади поверхности ПНЦ. В результате в приповерхностном слое бумаги образуются две взаимопроникающие трехмерные решетки — решетка волокон целлюлозы бумаги и наноразмерная, связанная за счет перекручивания псевдонанофибрилл, решетка ПНЦ (ил. 3).



Ил. 3.

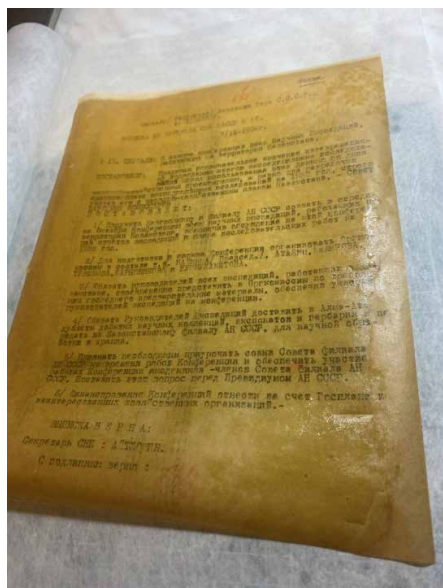
АСМ изображения поверхности кальки: А — с напылённым слоем ПНЦ; В — без него.

Из сравнения изображений хорошо видно, что частицы ПНЦ и волокна кальки формируют взаимно проникающие решетки в приповерхностном слое бумаги

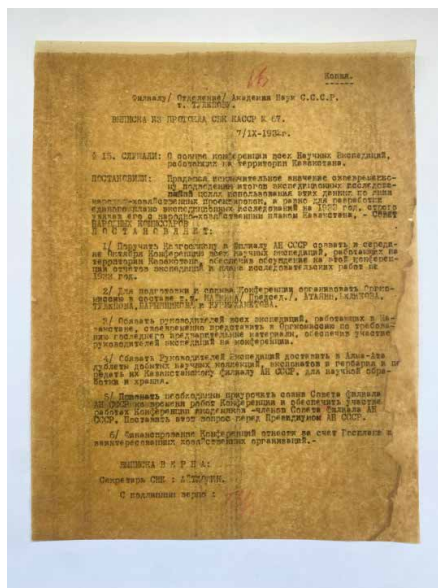
Фактически, помимо схожей химической природы консолиданта и обрабатываемого материала, взаимопроникновение решеток механически усиливает физико-химическое взаимодействие между ними и оказывает более эффективное действие, чем традиционные синтетические консолиданы.

Более того, есть еще один весомый плюс. Раствор ПНЦ позволяет укрепить сильно поврежденную бумагу с минимальными оптическими изменениями поверхности. ПНЦ остается прозрачной на бумаге после высыхания, что бывает важно при работе с бумагами с потемневшей основой либо с выцветшим текстом (ил. 4).

В обоих случаях чтение документа затрудняется из-за дополнительного вуалирования текста, которое образуется при традиционном методе дублирования тонкими японскими бумагами.



А)

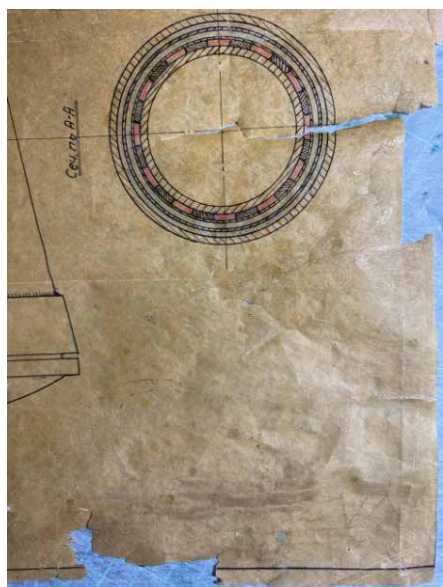


Б)

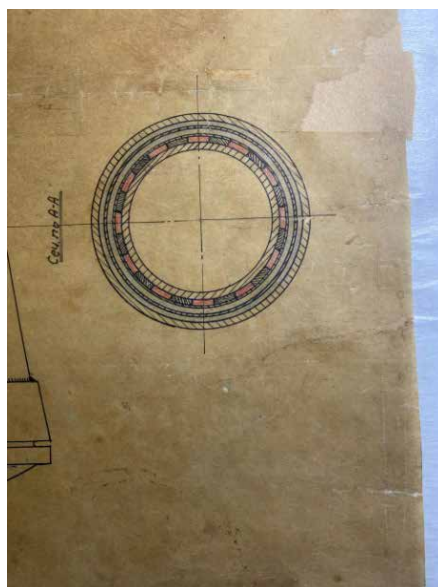
Ил. 4.

Выписка из протокола о созыве конференции всех Научных Экспедиций, работающих на территории Казахстана. 1932 г. Калька, машинопись. *Архив РАН. Ф. 174. Оп. 7 (1931-1935). Д. 23. Л. 16.* А — в процессе реставрации. Напыление ПНЦ; Б — после реставрации

Способ «подведение с кисти», это классический метод работы с консолидантом, применим и к раствору ПНЦ. Этот приём удобен при сведении разрывов (ил. 5), подведении вставок в утраты, а также укреплении отстающего фотоэмульсионного слоя. Важно отметить, что этот способ эффективен при работе с тонкими бумагами или с легкими частицами, подлежащими укреплению. При этом раствор ПНЦ наносится по краю разрыва листа, буквально на волокна, разрыв сводится максимально аккуратно по типу «ключ-замок», и затем притирается косточкой через лист Hollytex или Bondina. При нанесении раствора ПНЦ использовалась синтетическая кисть (№0).



А)



Б)

Ил. 5.

Чертеж на кальке «Камера сгорания». 1933 г. Бумага, тушь. 309 × 411 мм. *Архив РАН. Ф. P-IV. Оп. 14. Д. 255. Л. 3* Сведение разрывов на кальке: А — в процессе реставрации. Удалены все подклейки; Б — после реставрации. Раствором ПНЦ сведены разрывы основы документа, чертеж отпрессован

Следует отметить, что хороший результат был получен при подведении с кисти ПНЦ под отстающие фрагменты фотоэмульсионного слоя (ил. 6). Таким образом, слой, содержащий изображение, был укреплен на поверхности фотоотпечатка.



А)



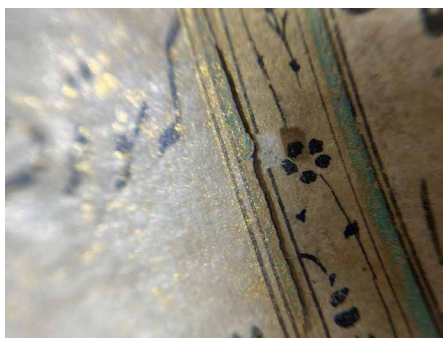
Б)

Ил. 6.

Фрагмент фотографии. Неизвестный автор. *Частный архив*
Укрепление фотослоя на фотографии:
А — до реставрации; Б — в процессе реставрации. Раствором ПНЦ укреплены фрагменты отстающего фотослоя

Способ «сведение и укрепление разрывов полосками наноцеллюлозы» при работе с бумагами описан Реми Дрейфусом⁸. В нашем случае из раствора ПНЦ методом высушивания изготавливаются плёнки. Затем из них нарезаются нужного размера полоски, подходящие для укрепления разрыва. Плёнки ПНЦ закрепляются на месте разрыва листа 5% раствором Klucel G в этаноле.

Этот приём удобен в реставрации документов на прозрачных носителях (калька), при сведении разрывов на листах с двусторонним текстом (ил. 7). В этом случае плёнки ПНЦ используются в качестве классического материала для ремонта памятников такого типа.



А)



Б)

Ил. 7.

Фрагмент рукописи
«МехрваМуштари». АссарТебризи.
Иран. 1560-е гг. Бумага, чернила,
золото. *Частное собрание*
Сведение и укрепление разрыва
полосками наноцеллюлозы:
А — до реставрации; Б — после реставрации

Подготовка разрыва к сведению производится классическим способом. Затем острыми ножницами режутся крошечные полоски плёнки ПНЦ до наиболее подходящей ширины (обычно от 2 до 4 мм). Отрезками ПНЦ удобнее манипулировать пинцетом с максимально заостренными кончиками (губками). На полоску наносят Klucel G, располагая ее на стекле или пластине из оргстекла, всегда используя кисть с мягким ворсом, чтобы избежать разрыва или изменения линейного размера фрагмента. Плёнка накладывается сразу вдоль разрыва документа с непосредственным контролем процесса на световом столе. Для обеспечения хорошей адгезии шов покрывают куском нетканого материала из полиэфирного волокна с гладкой поверхностью (например, Bondina), чтобы не оставить следов на плёнке ПНЦ во время ее высыхания. Можно легко прогладить круговыми движениями тefлоновой косточкой.

После нанесения на разрыв заплатку покрывают куском Bondina, фильтровальной бумагой и дают высохнуть под весом в течение 10 – 20 минут. Затем излишки полоски при необходимости следует удалить острыми ножницами. Если потребуется, плёнки ПНЦ можно легко удалить с помощью кисточки, слегка смоченной деионизированной водой, и лезвия скальпеля или острого пинцета.

Таким образом, в настоящей работе на ряде примеров, в которых использовались архивные бумажные документы начала прошлого века, продемонстрирована перспективность применения отечественной ПНЦ в реставрационных целях.

Особенно важно отметить, что в настоящее время ПНЦ, произведённая в РФ, — с учетом возможности линейного масштабирования ее производства — будет доступна не только для отдельных пилотных реставрационных исследований, но и для широкого применения.

Примечания

1. *Dufresne A.* Nanocellulose processing properties and potential applications // Current Forestry Reports. 2019. Т. 5. №.2. P. 76 – 89; *Heise K. et al.* Nanocellulose: recent fundamental advances and emerging biological and biomimicking applications // Advanced Materials. 2021. Т. 33. №.3. P. 2004349; *Perdoch W. et al.* Influence of nanocellulose structure on paper reinforcement // Molecules. 2022. Т. 27. №.15. P. 4696; *Völkel L. et al.* Nano meets the sheet: adhesive-free application of nanocellulosic suspensions in paper conservation // Heritage science. 2017. Т. 5. №.1. P. 1 – 17.

2. *Nikolsky S. N. et al.* The fibrils untwisting limits the rate of cellulose nitration process // Carbohydrate polymers. 2019. Т. 204. P. 232 – 237; *Zlenko D. V. et al.* Twisting of fibers balancing the gel-sol transition in cellulose aqueous suspensions // Polymers. 2019. Т. 11. №.5. P. 873.

3. *Bondeson D., Mathew A., Oksman K.* Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis // Cellulose. 2006. Т. 13. №.2. P. 171 – 180; *Khalil H. P. S. A. et al.* Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: a review // Carbohydrate polymers. 2014. Т. 99. P. 649 – 665; *Qing Y. et al.* A comparative study of cellulose nanofibrils disintegrated via multiple processing approaches // Carbohydrate polymers. 2013. Т. 97. №.1. P. 226 – 234; *Zlenko D. V. et al.* Op. cit. P. 873.

4. *Stovbun S. V. et al.* Zhurkov's stress-driven fracture as a driving force of the microcrystalline cellulose formation // Polymers. 2020. Т. 12. №.12. P. 2952.

5. *Миронов В. Л.* Основы сканирующей зондовой микроскопии: учеб. пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. М.: Техносфера, 2004. — 144 с.

6. *Abitbol T. Et al.* Nanocellulose, a tiny fiber with huge applications // Current opinion in biotechnology. 2016. Т. 39. P. 76 – 88; *Khalil H. P. S. A. et al.* Op. cit. P. 649 – 665; *Moon R. J. et al.* Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites // Chemical society reviews. 2011. Т. 40. №.7. P. 3941 – 3994; *Qing Y. et al.* Op. cit. P. 226 – 234; *Stovbun S. V. et al.* Op. cit. P. 2952.

7. *Stovbun S.V. et al. Op. cit. P. 2952; Sun X. et al. Transforming Cellulose Into Functional Three-Dimensional Structures //Advanced Functional Materials. 2025. P. 2504778.*

8. *Dreyfuss-Deseigne R. Nanocellulose films in art conservation: A new and promising mending material for translucent paper objects // Journal of Paper Conservation. 2017. T. 18. №.1. P. 18 – 29.*

5. *Mironov V. L. Osnovy` skaniruyushhej zondovoj mikroskopii: ucheb. posobie dlya studentov starshix kursov vy`sshix uchebny`x zavedenij. M.: Teknosfera, 2004. — 144 s.*

Список сокращений

АРАН — Архив Российской академии наук

НЦ — наноцеллюлоза

ПНЦ — псевдо-наноцеллюлоза

ФИЦ ХФ РАН — Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук

FRCCP RAS — N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences

Сведения об авторах

Михалева Мария Геннадьевна — кандидат физико-математических наук; ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН», старший научный сотрудник лаборатории химической физики биосистем

Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 4

E-mail: maria.mikhaleva@chph.ras.ru

Занин Анатолий Михайлович — кандидат химических наук; ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН», старший научный сотрудник лаборатории химической физики биосистем

Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 4

E-mail: anatolyi.zanin@chph.ras.ru

Веденкин Александр Сергеевич — ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН», научный сотрудник лаборатории химической физики биосистем

Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 4

E-mail: alexander.vedenkin@chph.ras.ru

Политенкова Галина Григорьевна — ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН», научный сотрудник лаборатории химической физики биосистем

Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4

E-mail: galina.politenkova@chph.ras.ru

Соболев Михаил Иванович — ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН»,

эксперт лаборатории химической физики биосистем
Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, д. 4
E-mail: smi828@yandex.ru

Масленникова Надежда Павловна — художник-реставратор высшей категории; ФГБУН «АРАН», старший научный сотрудник
Российская Федерация, 117218, Москва, Новочеремушкинская ул., д. 34;
ФГБНИУ «ГОСНИИР», художник-реставратор высшей категории, отдел научной реставрации произведений прикладного искусства
Российская Федерация, 107014, Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: nadine@bk.ru

Лоцманова Екатерина Михайловна — Федеральный центр консервации библиотечных фондов Российской национальной библиотеки, ведущий научный сотрудник
Российская Федерация, 191069, Санкт-Петербург, наб. р. Фонтанки, 36
E-mail: incunabula.fcc@mail.ru

Кашеев Алексей Анатольевич — ФГБУН «АРАН», старший научный сотрудник
Российская Федерация, 117218, Москва, Новочеремушкинская ул., д. 34
E-mail: alexka27@mail.ru

Стовбун Сергей Витальевич — доктор физико-математических наук; ФГБУН «ФИЦ ХФ РАН», заведующий лабораторией химической физики биосистем
Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Косыгина, д. 4
E-mail: s.stovbun@yandex.ru

Mikhaleva Maria G. — PhD in Physics and Mathematics; FRCCP RAS, Senior Researcher of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystems
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: maria.mikhaleva@chph.ras.ru

Zanin Anatoly M. — PhD in Chemistry; FRCCP RAS, Senior Researcher of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystems
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: anatolyi.zanin@chph.ras.ru

Vedenkin Aleksandr S. — FRCCP RAS, Researcher of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystems
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: alexander.vedenkin@chph.ras.ru

Politenkova Galina G. — FRCCP RAS, Researcher of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystem
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: galina.politenkova@chph.ras.ru

Sobolev Mikhail I. — FRCCP RAS, Expert of the Laboratory
of Chemical Physics of Biosystems
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: smi828@yandex.ru

Maslennikova Nadezhda P. — Archive of Russian Academy of Sciences,
Senior Researcher
34, Novocheremushkinskaya St., Moscow, 117218, Russian Federation;
The State Research Institute for Restoration, Paper Conservator of Department
of applied arts
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: nadine@bk.ru

Lotsmanova Ekaterina M. — Federal Center for Document Conservation,
The National Library of Russia, Leading Researcher
36, Nab. Fontanka, St. Petersburg, 191069, Russian Federation
E-mail: incunabula.fcc@mail.ru

Kashcheev Alexey A. — Archive of Russian Academy of Sciences,
Senior Researcher
34, Novocheremushkinskaya St., Moscow, 117218, Russian Federation
E-mail: alexka27@mail.ru

Stovbun Sergey V. — Doctor of Physics and Mathematics; FRCCP RAS,
Head of the Laboratory of Chemical Physics of Biosystems
4, Kosygina St., Moscow, 119991, Russian Federation
E-mail: s.stovbun@yandex.ru

Научное издание

**Художественное наследие. Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.**

Свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-82901

от 14.03.2022 г.

ISSN 2782-5027

Подписано в печать 30.12.2025 г.

Федеральное государственное бюджетное
научно-исследовательское учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт реставрации»
107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
e-mail: journal@gosniir.ru
Сайт: <http://www.journal-gosniir.ru/>