

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

№2 2023

МОСКВА 2023

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

No 2 2023

MOSCOW 2023

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. Окорочков, 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

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. Mkrtychev,
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: 10.24412/2782-5027-2023-2-7-16

Алфёрова Ю. Л., Чичиланов В. Н.

Опыт атрибуции в процессе реставрации 7

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-17-28

Беккер А. О., Дубровин М. Ф.

Исследование одного из типов клейм
московского отделения фирмы «К. Фаберже» 17

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-29-42

Ермакова Н. В.

Проблема удаления коллагенового клея с музейного текстиля 29

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-43-56

Ипполитов С. С.

Промышленный дизайн и архитектура Республики Казахстан:
национализация визуальной среды 43

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-57-90

Нацкий М. В.

Методы получения листовой латуни и производства
тонкостенных латунных изделий в XVIII – начале XX века 57

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-91-103

Цхай А. А.

Реставрация переплетной кожи. Проблема выбора материалов 91

CONTENTS

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-7-16

Alfyorova Y., Chichilanov V.

The attribution experience in the restoration process

7

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-17-28

Becker A., Dubrovin M.

Study of one of the types of stamps
of the Moscow branch of the firm "C. Faberge"

17

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-29-42

Ermakova N.

The problem of removing collagen glue from museum textiles

29

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-43-56

Ippolitov S.

Industrial design and architecture of the Republic of Kazakhstan:
nationalization of the visual environment

43

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-57-90

Natsky M.

Methods of obtaining sheet brass and production
of thin-walled brass products in the XVIII – early XX century

57

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-2-91-103

Tskhai A.

Restoration of bookbinding leather.
The problem of materials selection

91

Н.В. Ермакова

ПРОБЛЕМА УДАЛЕНИЯ КОЛЛАГЕНОВОГО КЛЕЯ С МУЗЕЙНОГО ТЕКСТИЛЯ

В статье рассмотрены проблемы повторной реставрации музейных тканей, укрепленных методом клеевого дублирования. Метод, предложенный в 1930-е гг. Н.Н. Семеновичем, сохранил в музейных коллекциях десятки уникальных текстильных экспонатов (знамён, памятников древнерусского шитья, шпалер). К сожалению, со временем было выявлено негативное влияние клея на ткани. Укрепленные клеевым дублированием музейные предметы изменяли цвет, на них образовывались пятна и затёки, повышались хрупкость и ломкость текстильных волокон. Для придания текстилю экспозиционного вида требовалось разработать методики раздублирования. Реставраторы апробировали различные способы удаления старых клеев, в состав которых входят крахмал и желатин (коллаген). В последние десятилетия специалисты исследуют методы очистки текстильных экспонатов с помощью энзимов. Если удаление крахмала α -амилазой оказалось безопасным, то тестирование чистой протеазы для удаления коллагена выявило ее негативное воздействие на сохранность текстильных волокон, особенно шерстяных. Зарубежные специалисты предложили несколько способов безопасного применения протеазы (использование смеси энзимов; модификация протеазы для увеличения ее молекулярной массы). Разработка методических рекомендаций требует изучения влияния этих способов на механические и оптические характеристики искусственно состаренных текстильных образцов с нанесенным на них коллагеновым клеем.

Ключевые слова: музейные ткани, клеевое дублирование, старение клея, очистка, коллаген, энзимы, модифицированные протеазы.

N. Ermakova

THE PROBLEM OF REMOVING COLLAGEN GLUE FROM MUSEUM TEXTILES

The article deals with the problems of re-restoration of museum tissues reinforced by the method of adhesive duplication. The method proposed in the 1930s by N.N. Semenovich has preserved dozens of unique textile exhibits (banners, monuments of ancient Russian sewing, tapestries) in museum collections. Unfortunately, over time, the negative effect of glue on fabrics was revealed. Museum objects reinforced with adhesive duplication changed color, spots and stains formed on them, the fragility and fragility of textile fibers increased. To give the textile an expositional appearance, it was necessary to develop methods for removing restoration glue. Restorers have tested various methods of removing old adhesives, which include starch and gelatin (collagen). In recent decades, specialists have been researching methods of cleaning textile exhibits with the help of enzymes. If the removal of starch by α -amylase turned out to be safety, then testing of pure protease for collagen removal revealed its negative impact on the integrity of textile fibers, especially wool. Foreign experts have suggested several ways to not dangerous use protease (using a complex of enzymes; modification of the protease to increase its molecular weight). The development of methodological recommendations requires studying the effect of these methods on the mechanical and optical characteristics of artificially aged textile samples with collagen glue applied to them.

Keywords: museum tissues, glue duplication, glue aging, clearing, collagen, enzymes, modified proteases.

Одной из серьезных проблем в области сохранения музейного текстиля является необходимость повторной реставрации экспонатов, укрепленных методом клеевого дублирования, который применялся в музейной практике с середины XIX в.

«В 1861 году для предохранения от дальнейшего разрушения»¹ художником Струковым были наклеены на тюль древние знамена Оружейной палаты: десять больших стягов и одиннадцать малых полковых знамен-прапоров, что дало «полное понятие» об их «первоначальном виде»². В реставрационной документации клеи, применявшиеся при укреплении, названы по-разному. Например, при поступлении на реставрацию знамени князя Дмитрия Пожарского (1612 г., Оружейная палата, инв. № Зн-325) клей был определен как животный³, клей у знамени царя Алексея Михайловича (1653 г., Оружейная палата, инв. № Зн-203, № по описи 1884 г. 4062) – как желатиновый⁴.

История включения в реставрационную практику метода клеевого дублирования не только для укрепления знамен, но и археологического текстиля, шпалер, предметов одежды, бисерных изделий, древнерусского шитья, началась в 1930-е годы.

В это время Н. Н. Семенович предпринял исследование полотнищ знамен петровского времени. Их сохранность оказалась хорошей. Анализ клея, использованного при дублировании, позволил установить, что в его состав входили мучной клейстер и желатин. Н. Н. Семенович предложил использовать этот способ укрепления для решения проблемы долговременного сохранения не только знамен, но и других музейных тканей. Предложенная методика основывалась на процессе адсорбции волокном желатина из водного раствора. Были разработаны различные рецепты клеевых составов, компоненты которых должны были выполнять три основные функции: 1) проникать в структуру пряжи для закрепления волокна; 2) осаждаться на поверхности для образования защитного слоя; 3) приклеивать реставрируемую ткань к дублирующей основе. В 1936 г. образцы археологических шелковых тканей, реставрированных по методу Н. Н. Семеновича, прошли испытания в Ленинградском текстильном институте. Результаты «показали повышение крепости у ветхого шелка, закрепленного раствором желатина»⁵. Способ укрепления был «апробирован и одобрен на кафедре реставрации и консервации Института археологической технологии в 1937 г., Реставрационным советом Государственного Эрмитажа в 1952 г., Ученым советом Государственных Централных художественных мастерских в 1952 и 1954 гг.»⁶.

Однако уже в 1930-е годы о неблагоприятном влиянии проклейки клейстером на сохранность тканей предупреждала Т. Н. Александрова-Дольник, отмечая, что при отсырении клея создаются условия для «зарождения мучного жучка»⁷.

О необратимости операции клеевого дублирования говорилось в руководстве «Хранение музейных ценностей», опубликованном в 1940 г. Отмечалось, что использовать для сохранения ветхих тканей клеи, в состав которых входят «желатин и дезинфектор», можно «только в самых исключительных случаях, при полной невозможности приштопки или экспозиции между стеклами»; при этом следовало помнить: «удалить подобную подклейку будет очень трудно»⁸.

Тем не менее, метод, предложенный Н. Н. Семеновичем, был внедрен в реставрационную практику⁹ и сохранил «в музейных коллекциях десятки уникальных текстильных экспонатов»¹⁰.

К сожалению, со временем стало проявляться негативное влияние клея на ткани: «изменение цвета проклеенных тканей, образование пятен и затеков; подверженность поражению микроорганизмами и насекомыми; появление хрупкости и ломкости тканей вследствие нарушения их структуры; отсутствие должной обратимости (клей практически не вымывается при необходимости повторной реставрации)»¹¹. Примером деградации ткани после дублирования с помощью мучного клея является состояние сохранности шелкового полотнища знамени Свеаборгского пехотного полка (1809 г., Музей-панорама «Бородинская битва», инв. № ВХ-1468). К моменту его поступления в ГОСНИИР «предыдущая реставрация утратила свои технологические и эстетические характеристики»; на полотнище отмечались заломы ткани, сечения, разрывы, утраты¹² (ил. 1).



Ил. 1.
Полотнище знамени
Свеаборгского
пехотного полка.
1809 г. Шелк, темпера.
134 × 152 см.
Музей-панорама
«Бородинская битва»

Специалисты Военно-исторического музея артиллерии, инженерных войск и войск связи основной причиной разрушения считают использование в XX веке центрального отопления в музейных помещениях (в отличие от условий хранения в XIX в.), что существенно снизило относительную влажность воздуха и вызвало «пересыхание предметов из натуральных материалов и их ускоренное разрушение»¹³.

Поступление на повторную реставрацию музейных тканей, укрепленных методом клеевого дублирования, потребовало разработки методик очистки. Нужно было учесть, что иногда для придания музейному предмету экспозиционного вида необходимо удалять и клеи, использованные при его создании. Например, при поступлении в ГОСНИИР кресла XVIII века (Краснодарский краевой художественный музей, инв. № ПР-449) на его обивке, находившейся в разрушенном состоянии, имелись следы столярного клея, которые требовали удаления¹⁴ (ил. 2).

До последней четверти XX в. практически все методики по удалению адгезивов основывались на свойствах клеев легко набухать при воздействии воды даже спустя столетия¹⁵, что позволяло удалять размягченный клей шпателем. Адгезив

размягчали паром¹⁶; тампонами с дистиллированной водой¹⁷; водными компрессами¹⁸; смесью дистиллированной воды, спирта ректификата и глицерина¹⁹.



Ил. 2.

Обивка кресла.
XVIII в. Шерсть, шелк,
хлопчатобумажная основа.
Спинка: 58 × 60 см;
сиденье: 83,5 × 74 см;
подлокотники: 27 × 17,5 см.
Краснодарский краевой
художественный музей
имени Ф.А. Коваленко

Как правило, задача полного удаления старого клея не ставилась²⁰. Например, специалисты Всесоюзного научно-исследовательского института реставрации (ныне – ГОСНИИР) перед очисткой Самурзакинского знамени (1840 г., Абхазский государственный музей) выполнили в 1980 г. лабораторное исследование старого клея и установили, что при укреплении был использован желатиновый клей. После удаления клеевого состава шпателем промывку не проводили ввиду крайней степени разрушения ткани²¹.

В 1990-х гг. сотрудники Всероссийского художественного научно-реставрационного центра имени академика И. Э. Грабаря разработали методику повторной реставрации тканей, укрепленных по методу Н. Н. Семеновича. После очистки от мучного клейстера в качестве нового адгезива рекомендовалось использовать клей АК-45. Проведенные испытания выявили, что плохо удаленный с образцов старый клей снижает величину адгезии при использовании полимера, поэтому повторное дублирование должно было производиться только после тщательной очистки экспоната от следов предыдущей реставрации. Снизить процент содержания клея, проникшего в структуру оригинала, предлагалось многократной промывкой²².

К сожалению, многократная промывка отрицательно влияет на сохранность ветхих музейных тканей, так как перенасыщение водой может привести к разрушению клеток ослабленного текстильного волокна при высыхании и полной утрате эластичности ткани²³.

В 1968 г. Джудит Хофенк де Граафф в журнале *"Studies in conservation"* сообщила о результатах применения в реставрационной практике энзимов, что позволило обходиться без многократной промывки. В материалах конференций ИКОМ автор опубликовала рецептуру ферментативных растворов²⁴.

Следует отметить, что основными компонентами реставрационных клеев, использовавшихся при укреплении музейных тканей в XIX – XX вв., были крахмал и желатин. Безопасное и полное удаление крахмала позволяет выполнить α -амилаза²⁵.

Однако добавка в клей желатина затрудняет процесс ферментативной очистки, поэтому для разработки эффективной методики удаления клея, содержащего желатин, важно понимать, чем обусловлены его адгезивные свойства, как на них влияют его природа, способ приготовления, процесс сушки.

Желатин (глютиновый клей) – белковый материал, получаемый из коллагена при обработке кожи телят, кроликов, рыб, костей и сухожилий крупного рогатого скота, плавательных пузырей осетровых рыб. Молекула коллагена представляет собой тройную спираль из полипептидных цепей, богатых пролином, оксипролином и глицином. Цепи стабилизированы поперечными водородными связями между гидроксильной группой оксипролина и аминокруппами соседних звеньев глицина²⁶.

У коллагенов разного происхождения набор аминокислот один и тот же, но различны их соотношение и расположение в цепи. Каждая аминокислота имеет специфическую полярную группу (ОН, NH₂, PO₃, SH, COOH и др.)²⁷.

Решающее значение для характеристик получаемого клея имеет процесс денатурации, в результате которого нерастворимый в холодной воде коллаген превращается в растворимый желатин – активный ингредиент любого коллагенового клея. Денатурация достигается путем экстракции горячей водой (гидролитический распад). Во время экстракции связи (преимущественно Н-связи) в структурах тройной спирали коллагена разрываются, так что он разделяется на неупорядоченные «случайные» витки одиночных белковых цепей, завершая, таким образом, переход к желатину. Температура, при которой происходит денатурация, зависит от химической структуры белков в конкретном источнике коллагена. При сушке одиночные белковые спирали подвергаются перегруппировке в тройные спирали с возникновением узлов («зон соединения») и образованием непрерывной трехмерной сетевой структуры. Иногда для получения клея с нужными свойствами смешивают коллагены разного происхождения и добавляют вещества, изменяющие его естественное поведение, что позволяет увеличивать время работы при комнатной температуре или уменьшать склонность к биологическому разрушению. Понимание структуры коллагеновых клеев позволяет установить проблемы их деградации.

Заметное влияние на механические свойства оказывает содержание воды в составе клея. При нормальных условиях окружающей среды (относительная влажность 50%, комнатная температура) клеевые пленки на основе желатина содержат 12 – 14% структурной воды, связанной с полярными группами белковых макромолекул. Эта вода способствует стабилизации спиральных структур внутри клея и поддерживает стабильность конструкции. В желатиновых пленках, находящихся в среде с низкой относительной влажностью, содержание воды снижается, и пленки становятся очень хрупкими. Утрата прочности на растяжение в желатиновых структурах ведет к образованию трещин в клеевой матрице²⁸.

Кроме того, изменение условий окружающей среды может привести к сшиванию белков, гидролизу пептидных связей, окислению, в то время как присутствие микроорганизмов способствует образованию кислотных метаболитов и пигментных пятен, вызывающих сильные оптико-хроматические изменения (пожелтение, потемнение)²⁹.

Изучение свойств коллагеновых клеев позволило предложить способ их удаления с помощью энзимов, относящихся к классу гидролаз, – **протеаз**, которые способствуют расщеплению пептидной связи между аминокислотами в белках.

Протеазы, катализируя реакцию гидролиза белков и продуктов их распада с образованием более мелких субъединиц аминокислот, позволяют легко удалять последние влажной очисткой³⁰.

Источниками протеаз являются микроорганизмы, грибы, растения и животные. В моющих средствах обычно используют щелочные протеазы из различных видов *Bacillus*, при этом постоянно ведется поиск микроорганизмов, продуцирующих ферменты, активные при низких температурах, благоприятствующих сохранению тканей при влажной очистке³¹. Традиционным способом выявления протеаз, улучшающих моющую способность, является микробиологический скрининг природных микроорганизмов, которые в дальнейшем культивируются, но в настоящее время получили распространение программы модификации генома³². Генная инженерия, использующая метагеномный скрининг и библиотеку синтетических генов, дает возможность получать протеазы с требуемыми характеристиками³³.

Перед разработкой рекомендаций по удалению коллагенового клея из музейного текстиля с помощью протеаз необходимо убедиться в их безопасности для сохранности ветхих текстильных волокон. К настоящему времени выполнены исследования по воздействию протеаз на хлопок, лен, шелк и шерсть. Оказалось, что результаты ферментативной обработки зависят от природы волокна.

Тестирование на модельных образцах **хлопка, льна и шёлка** позволило установить зависимость между степенью удаления клея (с поверхности и между волокнами) и концентрацией протеазы, временем обработки и температурой.

Оказалось, что обработка хлопковых волокон протеазой приводит к частичному удалению из целлюлозы сопутствующих веществ (жиров, пектинов и лигнина);

- поверхность волокна сглаживается (протеаза отслаивает целлюлозу, «полируя» поверхность);
- усредненная разрывная нагрузка практически не зависит от времени обработки и незначительно уменьшается при повышении концентрации ферментативного раствора.

Протеаза не повлияла на морфологию льняных и шелковых волокон.

Очистка образцов льна вызвала заметное увеличение их прочности на растяжение.

Результаты обработки шелка показали только незначительное увеличение его прочности на растяжение. Цветовое различие обработанных и контрольных образцов зависело от способа крашения³⁴.

Изучение влияния протеолитической обработки на свойства **шерсти** установило, что проникновение фермента во внутренний слой волокна приводит к разрушению белка, при этом уровень протеолитического гидролиза зависит от концентрации фермента. Гидролитическая атака не ограничивается поверхностью шерстяных волокон (слоем кутикулы), что приводит к неприемлемой потере их прочности³⁵.

В последние десятилетия был осуществлен поиск способов повысить прочность шерстяного волокна при его обработке протеазой. Одним из методов использования протеолитического фермента стало его применение совместно с трансглутаминазой, модифицирующей белок путем ковалентного связывания

соединений. Другим способом сохранения шерстяных волокон при воздействии на них протеазы может быть модификация самого фермента: например, присоединение его молекул к полиакриловым смолам и производным целлюлозы³⁶.

Соединение протеазы с синтетическими макромолекулами показало значительное улучшение качества шерсти после ферментативной обработки. Полимеры увеличивают молекулярную массу фермента, что влияет на его диффузионные свойства и ограничивает его действие поверхностью волокон³⁷.

Сравнительное исследование воздействия на шерстяное волокно протеазы *Subtilisin Carlsberg* (протеаза VIII типа, E.C.3.4.21.62) и той же протеазы, соединенной с полиэтиленгликолем (ПЭГ), установило следующее. Иммобилизация протеазы создала крупные гибридные протеолитические ПЭГ-модифицированные молекулы протеазы, обработка которыми обеспечила контроль за диффузией фермента внутрь шерсти, ограничив его действие слоем кутикулы. Это в значительной степени сохранило прочность шерстяных волокон. Таким образом, увеличение размера модифицированной молекулы протеазы ослабило нежелательный гидролиз коры шерстяного волокна при его очистке от загрязнений³⁸.

Сравнительное исследование влияния протеаз из *Bacillus lentus* (Genencor, Нидерланды) и *Bacillus subtilis* (Novozymes, Дания) в натуральной и ПЭГ-модифицированной формах на морфологию поверхности и физико-механические свойства шерстяных волокон показало, что более гладкую и чистую поверхность имели волокна шерсти, обработанные ПЭГ-модифицированными протеазами. Обработка шерсти натуральными протеазами в течение 180 минут привела к почти полному разрушению волокон, при этом деградация оказалась более выраженной у натуральной протеазы из *Bacillus subtilis*. Изучение физических свойств волокон установило, что обработка ПЭГ-модифицированными протеазами сохраняет их прочность на растяжение и приводит к только незначительному изменению веса. Таким образом, использование при ферментативной обработке ПЭГ-конъюгатов оказывает незначительное влияние на белки шерстяных волокон³⁹.

Определение потенциала модифицированных протеаз из *Bacillus lentus* и *Bacillus licheniformis* (ПЭГ-модифицированных протеаз и протеаз, модифицированных путем ковалентного присоединения фермента к метоксиполиэтиленгликолю) позволило сравнить **различные стратегии модификации протеаз**. Оказалось, что активность натуральной протеазы из *Bacillus licheniformis* снижалась в течение 1 часа значительно быстрее, чем ПЭГ-модифицированной протеазы, при этом стабильность конъюгатов протеазы *Bacillus licheniformis* увеличивалась с увеличением молекулярной массы цепи ПЭГ, присоединенной к ферменту. Протеаза *Bacillus lentus*, модифицированная метоксиполиэтиленгликолем, сохраняла до 80% своей первоначальной активности. Прочность волокон после ферментативной обработки протеазой из *Bacillus licheniformis*, модифицированной ПЭГ, не изменялась. Сравнительное исследование воздействия натурального фермента из *Bacillus licheniformis* и ПЭГ-протеазы показало, что воздействие натурального фермента привело к серьезному повреждению волокон и высокой потере веса (16%), ковалентное присоединение ПЭГ к ферменту защитило волокна от повреждений. Применение ПЭГ-модифицированного фермента ограничило диффузию протеазы в волокна шерсти, предотвратив их гидролиз, и позволило разрушить высокомолекулярные белковые материалы, содержащиеся в пятнах. Результаты исследования говорили о том, что улучшение характеристик модифицированной протеазы должно быть связано

с нахождением оптимального размера полимерной цепи, позволяющего ограничивать повреждение шерстяных волокон и разрушать при этом высокомолекулярные загрязнения⁴⁰.

Другое направление поиска безопасной очистки текстиля с помощью протеаз заключалось в поиске оптимальных смесей энзимов. Результаты воздействия на хлопчатобумажные ткани протеазы серинового типа из *Bacillus licheniformis* (алкалазы) и ее смесей с пектиназой, липазой, кутиназой, целлюлазой и ксиланазой показали следующее. Механические характеристики тканей после воздействия на них смеси ферментов отличались от свойств текстиля, обработанного только алкалазой. Качество текстиля после био-обработки улучшалось независимо от применяемой комбинации энзимов. Ткани после воздействия полной смеси ферментов продемонстрировали наилучшую способность к растяжению⁴¹.

Таким образом, анализ опубликованных отчетов зарубежных специалистов позволил выявить несколько способов улучшения методик удаления коллагенового клея. Однако перед окончательной разработкой методических рекомендаций требуется исследовать изменение не только механических, но и оптико-хроматических характеристик искусственно состаренных текстильных образцов с коллагеновым клеем при их обработке модифицированными протеазами и ферментативными смесями.

Примечания

1. Знамена, прапоры, значки, флаги и штандарты // Опись Московской Оружейной палаты. Ч. 3. Кн. 1. М.: Тип. Об-ва распространения полезных книг, 1884. С. 10, 11, 51, 52.

2. Переписка по музейным вопросам. 01.01.1862-29.11.1862 // Отдел рукописных, печатных и графических фондов Государственного историко-культурного музея-заповедника «Московский Кремль». Ф. 20. д/р Оп. 1862 г. Д. 92. Л. 8.

3. IV выставка «Реставрация и консервация произведений искусства»: каталог / ред. коллегия: Б. А. Никитин, А. Б. Зернова, Н. Н. Померанцев. М.: Сов. художник, 1963. 60, [4] с. С. 52.

4. Реставрационный дневник реставратора по тканям Н. П. Ярмолович // Отдел рукописных, печатных и графических фондов... Ф. 20. Оп. 1960–1980-х гг. Д. 72. 1966 г. Л. 42.

5. Семенович Н. Н. Реставрация музейных тканей: Теория и технология / под ред. и с предисл. Д. Н. Марковского. Л.: Изд-во Гос. Эрмитажа, 1961. С. 21, 22, 24, 28, 52, 59.

6. Там же. С. 60.

7. Александрова-Дольник Т. Н. Текстиль // Охрана памятников революционного движения труда и искусства. М.: Наркомпрос РСФСР; Л.: ОГИЗ, 1930. С. 34–39.

8. Хранение музейных ценностей / С. Н. Балаева, Н. И. Малеин, Н. П. Тихонов и др. / под ред. Н.П. Тихонова Л.: Лениздат, 1940. С. 73.

9. Рябова М. П. Основные принципы реставрации тканей и шитья // Вопросы реставрации и консервации произведений изобразительного искусства: Метод.

пособие: Сб. статей / общая ред. И. Э. Грабаря. М.: Изд-во АХ СССР, 1960. С. 156; Семенович Н. Н., Рябова М. П. Методы реставрации тканей и шитья // Доклады советских специалистов на конференции Комитета по лабораториям музеев и Подкомитета по реставрации живописи Международного Совета музеев. 16–21 сентября 1963 / Л.: Гос. Эрмитаж, 1963. С. 116–119.

10. Семечкина Е. В. Реставрация // Стрелецкое знамя 1690 года из собрания Омского государственного историко-краеведческого музея / сост. и отв. ред. А. В. Силкин. М.: СканРус, 2004. С. 42.

11. Качанова И. М. Методология выбора новых клеевых материалов для дублирования музейных тканей: На примере шерсти: Автореф. дис. ... канд. культурологи. М.: [б.и.], 2000. С. 4.

12. Паспорт реставрации Свеаборгского знамени. 2005 г. // Делопроизводственная документация Отдела научной реставрации произведений прикладного искусства ГОСНИИР.

13. Кобякова В. И., Лобова Л. В. Сравнительная оценка свойств адгезивов, применяемых при реставрации знамен и других музейных предметов из тканей // Консервация, реставрация и экспонирование памятников военной истории: материалы секции «Сохранение, реставрация и экспонирование памятников военной истории» Пятой междунар. научно-практич. конф. «Война и оружие. Новые исследования и материалы», 14–16 мая 2014 года, Санкт-Петербург. СПб.: ВИМАИВиВС, 2014. С. 185–200. С. 185, 186.

14. Паспорт реставрации обивки кресла XVIII в. (ПР-449) 2005 г. // Делопроизводственная документация...

15. Schellmann N. C. Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation // Review in conservation. Vol. 8. 2007. P. 55–66.

16. Протокол реставрации гобелена-портрета Павла I. № 288. 1938 г. // Научно-ведомственный архив Государственного Исторического музея. Оп. 1 Д. 542. Л. 19.

17. Паспорт реставрации покрова «Зосима Соловецкий» (1583 г., Оружейная палата, инв. № 2946соб.) // Отдел рукописных, печатных и графических фондов... Ф. 20. Описание 1972–1980 гг. Д. 32. 1966 г. Л. 56.

18. Паспорт реставрации обивки кресла XVIII в. (ПР-449) 2005 г. ...

19. Паспорт реставрации знамени царя Алексея Михайловича (1653 г., Оружейная палата, инв. № 4358охр) // Отдел рукописных, печатных и графических фондов... Ф. 20. Описание 1972–1980 гг. Д. 32. 1966 г. Л. 112–113 об.

20. Реставрационный дневник реставратора по тканям Н. П. Ярмолович. Л. 42; Паспорт реставрации знамени царя Алексея Михайловича... Л. 100 об.

21. Паспорт реставрации Самурзакинского знамени. 1981 г. // Делопроизводственная документация...

22. Семечкина Е. В., Петрова Р. А. Проблема повторной реставрации музейных тканей // Скульптура. Прикладное искусство: Реставрация, исследования : Сб. науч. трудов / Редкол.: Н. Н. Банковский и Т. И. Барабана (отв. редакторы) и др.. М.: ВХНРЦ, 1993. С. 127–132.

23. *Worch M. Th., Jagers E.* Zur Restaurierung zertörter Textilien: Aufgezeit am Beispiel der Fahne des des Jean Pierre Blanchard von 1785 // *Restauro*. No 3. S. 161-172.

24. *Хофенк де Граф*. Моющие средства и их функции в стирке старого текстиля // Международный совет музеев. Комитет по консервации. Рефераты докладов, прочитанных на конференциях Комитета по консервации Международного совета музеев в 1967 (Брюссель) и в 1969 (Амстердам) гг. / под общ. ред. И. П. Горина, Ю. И. Гренберга. М.: Искусство, 1972. С. 36–38; *Hofenk de Graaff J. H.* The constitution of detergents in connection with the cleaning of ancient textiles // *Studies in conservation*. Vol. 13. 1968. No 3. P. 122–141.

25. *Ahmed H. E., Kolisis F. N.* An investigation into the removal of starch paste adhesives from historical textiles by using the enzyme α -amylase // *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 12. No 2. 2011. P. 169–179; *Forestier S., Bos A.* La restauration d'une tapisserie bruxelloise de la Renaissance par traitement enzymatique // *Technè: la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations*. No 41. 2015. P. 101–107; *Whaap F.* The treatment of two Coptic tapestry fragments // *V & A conservation journal*. No 55. 2007. P. 11–13.

26. Желатина (желатин) // *Химия: Большой энциклопедический словарь* / гл. ред. И. Л. Кнунянц. 2-е (репр.) изд. М.: Большая рос. энцикл., 2000. С. 199; Коллаген // Там же. С. 266; *Федосеева Т.С.* Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства: Курс лекций. М.: РИО ГОСНИИР, 1999. С. 13–23; *Rivers S., Umney N.* Conservation of Furniture. Oxford/Auckland: Butterworths-Heinemann, 2003. P. 169, 171; *Schellmann N. C.* Op. cit. P. 55–66.

27. *Федосеева Т. С.* Материалы для реставрации... С. 13, 14.

28. *Schellmann N. C.* Op. cit. P. 55–66.

29. *Barbabetola N. et al.* A safe microbe-based procedure for a gentle removal of aged animal glues from ancient paper / N. Barbabetola, F. Tasso, C. Alisi, P. Marconi, B. Perito, G. Pasquariello, A. R. Sprocati // *International biodeterioration & biodegradation*. VOL. 109. April. 2016. P. 53–60.

30. Протеолитические ферменты // *Химия: Большой энциклопедический словарь*. С. 483; *Gupta R., Beg Q. K., Lorenz P.* Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications // *Applied Microbiology and Biotechnology*. No 59. 2002. P. 15–32; *Kumar D. et al.* Microbial Proteases and Application as Laundry Detergent Additive / D. Kumar, Savitri, N. Thakur, R. Verma, T. C. Bhalla // *Research Journal of Microbiology*. No 3. 2008. P. 661–672.

31. *Oberoi R. et al.* Characterization and wash performance analysis of an SDS-stable alkaline protease from a *Bacillus sp.* / R. Oberoi, Q.K. Beg, S. Puri, R. K. Saxena, R. Gupta // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. No 17 (5). 2001. P. 493–497.

32. *Kumar D. et al.* Op. cit. P. 661–672.

33. *Rähse W.* Enzyme für Waschmittel // *Chemie Ingenieur Technik*. T. 84. No. 12. 2012. S. 2152–2163.

34. *Ahmed Harby E.* Protease enzyme used for artificial agents on modern cotton fabric for historical textile: Preservation and restoration // *International Journal of Conservation Science*. Vol. 4. Issue 2. 2013. P. 177–188; *Ahmed Harby E., Kolisis Fragiskos N.*

A Study on using of protease for removal of animal glue adhesive in textile conservation // Journal of Applied Polymer Science. Vol. 124. 2012. P. 3565–3576.

35. *Silva C. J. S. M. et al.* Treatment of wool fibres with subtilisin and subtilisin-PEG / C.J.S.M. Silva, M. Prabakaran, G. Gübitz, A. Cavaco-Paulo // Enzyme and Microbial Technology. No 36. 2005. P. 917–922.

36. *Fu J. et al.* Enzymatic processing of protein-based fibers / J. Fu, J. Su, P. Wang, Y. Yu, Q. Wang, A. Cavaco-Paulo // Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 99. 2015. P. 10387–10397.

37. *Schroeder M. H. et al.* Restricting detergent protease action to surface of protein fibres by chemical modification / M. H. Schroeder, B. M. Lenting, A. Kandelbauer, C. J. S. M. Silva, A. Cavaco-Paulo, G. M. Gübitz // Appl Microbiol Biotechnol. No 72. 2006. P. 738–744.

38. *Silva C. J. S. M. et al.* Op. cit. P. 917–922.

39. *Jus S. et al.* The influence of enzymatic treatment on wool fibre properties using PEG-modified proteases / S. Jus, M. Schroeder, G.M. Guebitz, E. Heine, V. Kokol // Enzyme and Microbial Technology. No 40. 2007. P. 1705–1711.

40. *Schroeder M.H. et al.* Op. cit. P. 738–744.

41. *Kalantzi S. et al.* Properties of cotton fabrics treated by protease and its multienzyme combinations / S. Kalantzi, D. Mamma, E. Kalogeris, D. Kekos // Journal of Applied Polymer Science. Vol. 114. 2009. P. 1567.

1. Znamena, prapory, znachki, flagi i shtandarty // Opis` Moskovskoj Oruzhejnoj palaty. Ch. 3. Kn. 1. M.:Tip. Ob-va rasprostraneniya polezny`x knig, 1884. S. 10, 11, 51, 52.

2. Perepiska po muzejny`m voprosam. 01.01.1862–29.11.1862 // Otdel rukopisny`x, pechatny`x i graficheskix fondov Gosudarstvennogo istoriko-kul`turnogo muzeya-zapovednika «Moskovskij Kreml'». F. 20. d/r Op. 1862 g. D. 92. L. 8.

3. IV vy`stavka «Restavraciya i konservaciya proizvedenij iskusstva»: katalog / red. kollegiya: B. A. Nikitin, A. B. Zernova, N. N. Pomerancev. M.: Sov. xudozhnik, 1963. 60, [4] s. S. 52.

4. Restavracionny`j dnevnik restavatora po tkanyam N. P. Yarmolovich // Otdel rukopisny`x, pechatny`x i graficheskix fondov... F. 20. Op. 1960–1980-x gg. D. 72. 1966 g. L. 42.

5. *Semenovich N. N.* Restavraciya muzejny`x tkanej: Teoriya i texnologiya / pod red. i s predisl. D.N. Markovskogo. L.: Izd-vo Gos. E`rmitazha, 1961. S. 21, 22, 24, 28, 52, 59.

6. Tam zhe. S. 60.

7. *Aleksandrova-Dol`nik T. N.* Tekstil` // Oxrana pamyatnikov revolyucionnogo dvizheniya truda i iskusstva. M.: Narkompros RSFSR; L. : OGIZ, 1930. S. 34–39.

8. Xranenie muzejny`x cennostej / S. N. Balaeva, N. I. Malein, N. P. Tixonov i dr. / pod red. N. P. Tixonova L.: Lenizdat, 1940. S. 73.

9. *Ryabova M. P.* Osnovny'e principy` restavracii tkanej i shit`ya // Voprosy` restavracii i konservacii proizvedenij izobrazitel'nogo iskusstva: Metod posobie: Sb. statej / obshhayared. I. E. Grabarya. M.: Izd-vo AXSSSR, 1960. S. 156; *Semenovich N. N., Ryabova M. P.* Metody` restavracii tkanej i shit`ya // Doklady` sovetskix specialistov na konferencii Komiteta po laboratoriyam muzeev i Podkomiteta po restavracii zhivopisi Mezhdunarodnogo Soveta muzeev. 16–21 sentyabrya 1963 / L.: Gos. E`rmitazh, 1963. S. 116–119.

10. *Semechkina E. V.* Restavraciya // Streleczkoe znamya 1690 goda iz sobraniya Omskogo gosudarstvennogo istoriko-kraevedcheskogo muzeya / sost. i otv. red. A. V. Silkin. M.: SkanRus, 2004. S. 42.

11. *Kachanova I. M.* Metodologiya vy`bora novy`x kleevy`x materialov dlya dublirovaniya muzejny`x tkanej: Na primere shersti: Avtoref. dis. ... kand. kul'turologi. M.: [b.i.], 2000. S. 4.

12. Pasport restavracii Sveaborgskogo znamen. 2005 g. // Deloproizvodstvennaya dokumentaciya Otdela nauchnoj restavracii proizvedenij prikladnogo iskusstva GOSNIIR.

13. *Kobyakova V. I., Lobova L. V.* Sravnitel'naya ocenka svojstv adgezivov, primenyaemy`x pri restavracii znamen i drugix muzejny`x predmetov iz tkanej // Konservaciya, restavraciya i e`ksponirovanie pamyatnikov voennoj istorii: materialy` sekcii «Soxranenie, restavraciya i e`ksponirovanie pamyatnikov voennoj istorii» Pyatoj mezhdunar. nauchno-praktich. konf. «Vojna i oruzhie. Novy`e issledovaniya i materialy`», 14–16 maya 2014 goda, Sankt-Peterburg. SPb.: VIMAIViVS, 2014. S. 185–200. S. 185, 186.

14. Pasport restavracii obivki kresla XVIII v. (PR-449) 2005 g. // Deloproizvodstvennaya dokumentaciya...

15. *Schellmann N. C.* Animal glues: a review of their key properties relevant to conservation // Review in conservation. Vol. 8. 2007. P. 55–66.

16. Protokol restavracii gobelena-portreta Pavla I. № 288. 1938 g. // Nauchno-vedomstvennyj arxiv Gosudarstvennogo Istoricheskogo muzeya. Op. 1 D. 542. L. 19.

17. Pasport restavracii pokrova «Zosima Soloveczkij» (1583 g., Oruzhejnaya palata, inv. № 2946sob.) // Otdel rukopisny`x, pechatny`x i graficheskix fondov... F. 20. Opis` 1972–1980 gg. D. 32. 1966 g. L. 56.

18. Pasport restavracii obivki kresla XVIII v. (PR-449) 2005 g. ...

19. Pasport restavracii znamen czarya Alekseya Mixajlovicha (1653 g., Oruzhejnaya palata, inv. № 4358oxr) // Otdel rukopisny`x, pechatny`x i graficheskix fondov... F. 20. Opis` 1972–1980 gg. D. 32. 1966 g. L. 112–113 ob.

20. Restavracionnyj dnevnik restavratora po tkanyam N. P. Yarmolovich. L. 42; Pasport restavracii znamen czarya Alekseya Mixajlovicha... L. 100 ob.

21. Pasport restavracii Samurzakinskogo znamen. 1981 g. // Deloproizvodstvennaya dokumentaciya...

22. *Semechkina E. V., Petrova R. A.* Problema povtornoj restavracii muzejny`x tkanej // Skul'ptura. Prikladnoe iskusstvo: Restavraciya, issledovaniya : Sb. nauch. trudov / Redkol.: N. N. Bankovskij i T. I. Barabana (otv. redactory`) i dr. M.: VXRNCz, 1993. S. 127–132.

23. *Worch M. Th., Jagers E.* Zur Restaurierung zertörter Textilien: Aufgezeit am Beispiel der Fahne des des Jean Pierre Blanchard von 1785 // *Restauro*. No 3. S. 161-172.

24. *Xofenk de Graf.* Moyushhie sredstva i ix funkcii v stirke starogo tekstilya // *Mezhdunarodny'j sovet muzeev. Komitet po konservacii. Referaty dokladov, pročitanny'x na konferenciyax Komiteta po konservacii Mezhdunarodnogo soveta muzeev v 1967 (Bryussel') i v 1969 (Amsterdam) gg.* / pod obshh. red. I. P. Gorina, Yu. I. Grenberga. M.: Iskustvo, 1972. S. 36–38; *Hofenk de Graaff J. H.* The constitution of detergents in connection with the cleaning of ancient textiles // *Studies in conservation*. Vol. 13. 1968. No 3. P. 122–141.

25. *Ahmed H. E., Kolisis F. N.* An investigation into the removal of starch paste adhesives from historical textiles by using the enzyme α -amylase // *Journal of Cultural Heritage*. Vol. 12. No 2. 2011. P. 169–179; *Forestier S., Bos A.* La restauration d'une tapisserie bruxelloise de la Renaissance par traitement enzymatique // *Technè: la science au service de l'histoire de l'art et des civilisations*. No 41. 2015. P. 101–107; *Whaap F.* The treatment of two Coptic tapestry fragments // *V & A conservation journal*. No 55. 2007. P. 11–13.

26. Zhelatina (zhelatin) // *Ximiya: Bol'shoj e'nciklopedicheskij slovar' / gl. red. I. L. Knunyancz.* 2-e (repr.) izd. M.: Bol'shaya ros. e'ncikl., 2000. S. 199; Kollagen // *Tam zhe.* S. 266; *Fedoseeva T. S.* Materialy dlya restavracii zhivopisi i predmetov prikladnogo iskusstva: Kurs lekcij. M.: RIO GOSNIIR, 1999. S. 13–23; *Rivers S., Umney N.* Conservation of Furniture. Oxford/Auckland: Butterworths-Heinemann, 2003. P. 169, 171; *Schellmann N. C.* Op. cit. P. 55–66.

27. *Fedoseeva T. S.* Materialy dlya restavracii... S. 13, 14.

28. *Schellmann N. C.* Op. cit. P. 55–66.

29. *Barbabetola N. et al.* A safe microbe-based procedure for a gentle removal of aged animal glues from ancient paper / N. Barbabetola, F. Tasso, C. Alisi, P. Marconi, B. Perito, G. Pasquariello, A. R. Sprocati // *International biodeterioration & biodegradation*. VOL. 109. April. 2016. P. 53–60.

30. Proteoliticheskie fermenty // *Ximiya: Bol'shoj e'nciklopedicheskij slovar'.* S. 483; *Gupta R., Beg Q. K., Lorenz P.* Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications // *Applied Microbiology and Biotechnology*. No 59. 2002. P. 15–32; *Kumar D. et al.* Microbial Proteases and Application as Laundry Detergent Additive / D. Kumar, Savitri, N. Thakur, R. Verma, T. C. Bhalla // *Research Journal of Microbiology*. No 3. 2008. P. 661–672.

31. *Oberoi R. et al.* Characterization and wash performance analysis of an SDS-stable alkaline protease from a *Bacillus* sp. / R. Oberoi, Q. K. Beg, S. Puri, R. K. Saxena, R. Gupta // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. No 17 (5). 2001. P. 493–497.

32. *Kumar D. et al.* Op. cit. P. 661–672.

33. *Rähse W.* Enzyme für Waschmittel // *Chemie Ingenieur Technik*. T. 84. No. 12. 2012. S. 2152–2163.

34. *Ahmed Harby E.* Protease enzyme used for artificial agents on modern cotton fabric for historical textile: Preservation and restoration // *International Journal of Conservation Science*. Vol. 4. Issue 2. 2013. P. 177–188; *Ahmed Harby E., Kolisis Fragiskos N.*

A Study on using of protease for removal of animal glue adhesive in textile conservation
// Journal of Applied Polymer Science. Vol. 124. 2012. P. 3565–3576.

35. *Silva C. J. S. M. et al.* Treatment of wool fibres with subtilisin and subtilisin-PEG / C. J. S. M. Silva, M. Prabakaran, G. Gübitz, A. Cavaco-Paulo // Enzyme and Microbial Technology. No 36. 2005. P. 917–922.

36. *Fu J. et al.* Enzymatic processing of protein-based fibers / J. Fu, J. Su, P. Wang, Y. Yu, Q. Wang, A. Cavaco-Paulo // Applied Microbiology and Biotechnology. Vol. 99. 2015. P. 10387–10397.

37. *Schroeder M. H. et al.* Restricting detergent protease action to surface of protein fibres by chemical modification / M. H. Schroeder, B. M. Lenting, A. Kandelbauer, C. J. S. M. Silva, A. Cavaco-Paulo, G. M. Gübitz // Appl Microbiol Biotechnol. No 72. 2006. P. 738–744.

38. *Silva C. J. S. M. et al.* Op. cit. P. 917–922.

39. *Jus S. et al.* The influence of enzymatic treatment on wool fibre properties using PEG-modified proteases / S. Jus, M. Schroeder, G. M. Guebitz, E. Heine, V. Kokol // Enzyme and Microbial Technology. No 40. 2007. P. 1705–1711.

40. *Schroeder M. H. et al.* Op. cit. P. 738–744.

41. *Kalantzi S. et al.* Properties of cotton fabrics treated by protease and its multienzyme combinations / S. Kalantzi, D. Mamma, E. Kalogeris, D. Kekos // Journal of Applied Polymer Science. Vol. 114. 2009. R. 1567.

Сведения об авторах

Ермакова Нина Владимировна – кандидат исторических наук, ФГБНИУ «ГОСНИИР», ведущий специалист Отдела научной реставрации произведений прикладного искусства
Российская Федерация, 107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: nvl-ermakova@mail.ru

Ermakova Nina – Candidate of Historical Sciences, The State Research Institute for Restoration, Department of scientific restoration of applied arts, leading specialist.
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: nvl-ermakova@mail.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 30.06.2023 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/>