

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 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 4 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: 0.24412/2782-5027-2023-4-7-21

Кленова О. Ю.

Вариативность использования воска в связующем живописи.
Некоторый опыт реставрации

7

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-4-22-39

Морозова Е. А., Юровецкая А. В., Юровецкая Е. В.

Современные и перспективные методики удаления восковых
и воско-смоляных адгезивов

22

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-4-40-47

Русакова Н.И.

Удаление воско-смоляных мастик при повторной реставрации картины
С.Ю. Судейкина «Мифологическая сцена»

40

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-4-48-62

Чаленко Т. Т., Пиунова П. Р.

Воск в реставрации станковой темперной живописи. Существующие проблемы
и возможности их решения

48

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-4-63-75

Чуракова М. С., Юровецкая А. В.

Воск в структуре картины. Проблемы реставрации

63

CONTENTS

DOL: 10.24412/2782-5027-2023-4-7-21

Klenova O.

Variability of the use of wax in the binding of painting. Some restoration experience 7

DOL: 10.24412/2782-5027-2023-4-22-39

Morozova E., Yurovetskaya A., Iurovetskaia E.

Modern and advanced methods of removing wax and wax-resin adhesives 22

DOL: 10.24412/2782-5027-2023-4-40-47

Rusakova N.

Removal of wax-resin mastics when re-restoring the picture S. Sudeikin
"Mythological scene". 40

DOL: 10.24412/2782-5027-2023-4-48-62

Chalenko T., Piunova P.

Wax in the restoration of easel tempera painting. Existing problems
and possibilities of their solution 48

DOL:10.24412/2782-5027-2023-4-63-75

Churakova M., Yurovetskaya A.

Beeswax in the structure of easel painting. Challenges of conservation 63

Е. А. Морозова, А. В. Юровецкая, Е. В. Юровецкая

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДИКИ УДАЛЕНИЯ ВОСКОВЫХ И ВОСКО-СМОЛЯНЫХ АДГЕЗИВОВ

Главной задачей при повторной реставрации произведений, укрепленных с использованием воско-смоляных адгезивов, является очистка авторского холста от клеевого состава. В настоящей публикации обсуждаются методики удаления восковых и воско-смоляных адгезивов, разработанные и введенные в реставрационную практику в течение последних пяти лет. Все они опираются на применение материалов, которые безопасны для произведений и реставраторов, а также имеют высокую эффективность. Такими материалами выступают системы, в которых очищающий состав (растворитель или смесь растворителей, водные растворы поверхностно-активных веществ, хелатирующих агентов и др.) заключен в «носитель» (например, гель). В статье подробно рассказывается об энзимах (класс эстераз), а также микро- и наноэмульсиях как более новых и перспективных очищающих составах. В качестве «носителей» в некоторых из предлагаемых методик выступают различные классы полимерных гелей. Так, сотрудниками Варшавского университета был представлен патент на удаление воско-смоляных адгезивов из структуры холста с помощью нанокompозитного органогеля на основе поли-N-изопропилакриламида (ПНИПА, англ. pNIPA). В другой работе используют «двухцепочечные» гидрогели на основе поливинилового спирта (англ. TC-PN-PVA), которые были разработаны итальянскими исследователями совсем недавно. Эффективным «носителем» также является нетканый материал из микроволокна Evolon CR, действие которого основано на сильных абсорбирующих свойствах и капиллярном эффекте. Авторы статьи приводят описание методик работы с указанными материалами и рассказывают об удачном опыте их применения при практической реставрации произведений станковой масляной живописи в музейных собраниях Европы и Америки.

Ключевые слова: воск, воско-смоляные адгезивы, методика реставрации, реставрация станковой масляной живописи, повторная реставрация, очищающие составы, гелирующие агенты, гелевые носители, энзимы, наноэмульсии.

E. Morozova, A. Yurovetskaya, E. Iurovetskaia

MODERN AND ADVANCED METHODS OF REMOVING WAX AND WAX-RESIN ADHESIVES

Cleaning the original canvas from the adhesive composition is the main objective while retreating paintings consolidated using wax-resin adhesives. This publication discusses techniques for removing wax and wax-resin adhesives that have been developed and introduced into conservation practice over the past five years. All of them are based on the use of materials that are safe for artworks and conservators, and are also highly effective. Such materials are presented by systems in which the cleaning composition (solvent or mixture of solvents, aqueous solutions of surfactants, chelating agents, etc.) is enclosed in a "carrier" (for example, a gel). The article describes in detail enzymes (class of esterases), as well as micro- and nanoemulsions as new and promising cleaning compositions. Various classes of polymer gels take a role of "carriers" in some of the proposed methods. Thus, employees of the University of Warsaw presented a patent for the removal of wax-resin adhesives from the canvas structure using a nanocomposite organogel based on poly-N-isopropylacrylamide (pNIPA). Other work uses "twin-chain" polymer networks based on polyvinyl alcohol (TC-PNs-PVA), which were recently developed by Italian researchers. A non-woven microfiber material Evolon CR is also an effective "carrier", the action of which is based on strong absorbent properties and capillary effect. The authors of the article describe the methods of working with these materials and talk about the successful experience of their use in the practical conservation of easel oil paintings in museum collections in Europe and America.

Key words: beeswax, wax-resin adhesives, conservation technique, conservation of easel oil painting, re-treatment, cleaning fluids, gelling agent, gel carriers, enzymes, nanoemulsions.

В 2019 году состоялась конференция “Conserving Canvas” («Консервация холста»), организованная Институтом сохранения культурного наследия Йельского университета при поддержке Фонда Гетти, которая стала первой крупной международной встречей по данной тематике с 1974 года¹. Проблеме консервации и реставрации произведений живописи, дублированных на воско-смоляные составы, было посвящено около четверти всех представленных докладов, что свидетельствует об актуальности данного вопроса. Это обусловлено следующим. Еще в 1974 году метод воско-смоляного дублирования был признан научным и реставрационным сообществом деструктивным ввиду того, что вызывал ряд доказанных отрицательных изменений в химических или физических характеристиках картин, как, например, изменение цвета грунта и красочных слоев, значительное утяжеление авторского и дублировочного холстов, ускорение процесса старения холста за счет разрушения волокон и др.² По этим и многим другим причинам большое число картин как в России, так и за рубежом, дублированных этим методом, нуждаются в повторной реставрации.

Анализ информации, представленной на симпозиуме в 2019 году, показал два основных направления, по которым проводятся исследования в данной области.

Первое направление, активно развивающееся в Смитсоновском музее американского искусства³, в Музее Амстердама⁴ и др.⁵, заключается в тщательном изучении свойств материалов, использовавшихся для воско-смоляного дублирования, механизмов их деградации со временем. Для этого исследователями и реставраторами ведется работа по сбору данных о существовавших рецептурах мастик; по приготовлению модельных образцов, реконструированию методик воско-смоляного дублирования и последующему тестированию образцов физико-химическими методами. Цель данного направления — установить необходимые условия для сохранения картин, дублированных этим способом.

Второе направление связано с поиском и изучением различных методик удаления восковых и воско-смоляных адгезивов из структуры авторского холста⁶, для того чтобы стало возможным провести повторную консервацию, но уже с использованием реставрационных материалов, более безопасных для структурных элементов картины. Поскольку в практике отечественной реставрации довольно часто приходится сталкиваться с необходимостью устранения последствий ранее выполненного укрепления и очистки авторского холста от воско-смоляного адгезива⁷, то данное направление находится в фокусе настоящей работы.

В 2020–2021 годах в Отделе научной реставрации станковой масляной живописи и Лаборатории физико-химических исследований ГОСНИИР в рамках научно-исследовательской работы⁸ была проведена сравнительная оценка эффективности ряда методик, которые были приведены в отечественных и зарубежных пособиях по реставрации, а также предложены на симпозиуме “Conserving Canvas”.

За прошедшие пять лет (2019–2023) несколько исследовательских групп разработали новые методики, не рассмотренные ранее, которые уже успешно применяются на произведениях, выполненных в технике станковой живописи. В настоящей статье мы обсудим те из них, которые с нашей точки зрения являются наиболее перспективными. Они удовлетворяют основным требованиям, предъявляемым к используемым в них материалам: безопасность для произведений живописи, высокая эффективность очистки, безвредность для реставраторов.

В соответствии с современными знаниями в области консервации и реставрации произведений искусства упомянутым выше требованиям наиболее всего соответствуют материалы, в которых «состав для расчистки», или «очищающая жидкость» (англ. "cleaning mixture", или "cleaning fluid") заключены в так называемый «носитель» (англ. "carrier"). В качестве очищающей жидкости чаще всего используют органические растворители или их смесь, также это могут быть водные растворы поверхностно-активных веществ^{a)}, хелатирующих агентов^{b)}, ферментов (энзимов)^{c)}, кислот и оснований.

В последнее десятилетие в реставрационной практике стали активно применяться микро- и наноэмульсии^{d)} как альтернатива растворителям и их смесям при удалении застарелых клеев, лаков и других нежелательных материалов. Такие системы являются удобными инструментами для очистки, поскольку сочетают в себе преимущества химии водных растворов и химии растворителей и позволяют за счет варьирования таких параметров, как pH, ионная сила и растворимость, достигать хорошей очищающей способности⁹.

При выборе состава для расчистки учитываются следующие условия: 1) избирательность по отношению к удаляемому материалу, 2) низкая токсичность и 3) минимальное воздействие на живописные материалы и основу произведений. Последнее условие наиболее всего выполнимо при использовании «носителя», способного заключать в себя жидкости и высвобождать их с контролируемой скоростью. Постепенное высвобождение состава для расчистки способствует избирательному удалению нежелательных слоев и сохранению исходной поверхности. Кроме того, когда очищающая жидкость находится в замкнутом пространстве, скорость ее испарения снижается, и, как следствие, уменьшается токсичность всей системы очистки.

Предложенные методики, которые будут рассмотрены в следующей части статьи, разделены на две группы, в зависимости от материала «носителя», которые, в свою очередь, различаются также по типу состава для расчистки.

«Носитель» — гель

Еще в конце XX в. немецкими реставраторами Б. Ландгребе и Г. Хейдериком было предложено использование эфиров целлюлозы в качестве загустителей для повышения вязкости чистящих жидкостей, чтобы ограничить их растекание и проникновение в материалы основы и красочных слоев¹⁰. Так, широкое распространение получила методика, где для расчистки поверхности, пропитанной пчелиным воском или воском со смолой, применяют высоковязкий раствор гидроксипропилцеллюлозы (Klucel®) в одной из трех смесей растворителей: ксилол/изопропанол 1:3, уайт-спирит/изопропанол 1:3 или толуол/этанол 3:2. Несмотря на то, что такие загущенные растворы относительно просты в приготовлении и использовании, основная проблема при их применении заключается в том, что на обрабатываемой поверхности после испарения растворителей могут находиться остатки полимеров (белый порошок), а в углублениях между нитями холста — неэкстрагированный адгезив. Стоит отметить, что по итогам проведенной в ГОСНИИР экспериментальной работы¹¹ методика с применением компрессов из гидроксипропилцеллюлозы и смеси растворителей, действительно, оказалась неэффективной: модельные образцы, пропитанные воско-смоляной мастикой были очищены от адгезива на 45–65%, а пропитку чистым воском удалось ослабить только на 30–35%.

Использование в качестве очищающей жидкости энзимов вместо смеси органических растворителей значительным образом повышает эффективность и безопасность удаления воска и воско-смоляных мастик¹². К наиболее часто используемым в области консервации и реставрации ферментам относится класс гидролитических энзимов (гидролаз): они ускоряют гидролиз субстратов, то есть расщепление связей С-О, С-N, С-С и других. Как правило, такие ферменты получают из лиофилизированных^{е)} тканей из различных органов животных, растительных и микробных источников. Выделяют три класса гидролаз, нашедших применение в консервации: амилазы, протеазы и эстеразы. Последние катализируют расщепление и образование сложноэфирных связей. К подклассу эстераз относятся липазы, которые в основном активны в отношении нерастворимых в воде субстратов, таких как триглицериды, состоящие из длинноцепочечных жирных кислот. Таким образом, субстратом для липаз могут служить высыхающие масла, воски, жиры, а также синтетические пленкообразователи сложноэфирного типа (акриловые и виниловые смолы). Липазы последовательно расщепляют три эфирные связи в триглицериде, образуя диглицерид и жирную кислоту, затем моноглицерид и другую жирную кислоту, и, наконец, глицерин и третью молекулу жирной кислоты.

С помощью так называемого «энзимного геля» реставраторы Р. Беллуччи и П. Крмонеси успешно провели расчистку картины XV в. «Визит» ("Visitazione") (дерево, яичная темпера) от толстого масляно-смоляного лака, загрязненного белками, натуральными и синтетическими смолами, пчелиным воском и шеллаком, привнесенными в результате предшествующих реставрационных вмешательств. Использованный в работе «энзимный гель» был приготовлен путем растворения микробной липазы из *Candida cylindracea* в Трис-ацетатном буфере^{г)} (pH=8), затем раствор гелировали с помощью Klucel GTM и нагревали до 39°C. «Гель» наносился на поверхность на несколько минут, после чего удалялся сухим тампоном. Затем обработанные поверхности тщательно промывались синтетической слюной, приготовленной из раствора муцина в деионизированной воде.

Недавно были разработаны новые ферментные составы под торговым названием Nasier Gels™, точный состав которых не раскрывается производителем¹³. В линейке продуктов присутствует состав под наименованием Nasier 2, который предназначен для удаления масел, восков, лаков, природных и синтетических смол.

Помимо загустителей или гелирующих агентов, в реставрационной практике используют также различные «условно-жесткие» физические гели (например, агар, геллановая камедь), а также жесткие химические гели, такие как взаимопроникающие полимерные сетки (ВПС, англ. IPN)^{д)}, состоящие из поли-2-гидроксиэтилметакрилата и поливинилпирролидона (ПГЭМА/ПВП, англ. pHEMA / PVP). Однако жесткие гели не способны адаптироваться к рельефным поверхностям, что не позволяет проводить эффективную расчистку фактурного красочного слоя, а также тканой основы. В связи с этим различными исследователями проводилась разработка новых классов гелей, которые обладали бы способностью 1) плотно прилегать к текстурированным поверхностям, сохраняя при этом механическую прочность и упругость, 2) эффективно удерживать растворители, чтобы обеспечить их контролируемое введение и ограниченное проникновение в структурные элементы картины, и 3) быть полностью удаляемыми с расчищаемой поверхности.

Наиболее перспективными классами полимерных гелей, которые были специально разработаны и применены для расчистки произведений искусства, оказались химические гидрогели на основе ПГЭМА, химические органогели на основе

полиметилметакрилата (ПММА, англ. PMMA), гидрогели на основе поливинилового спирта (ПВС, англ. PVA) и физические криогели на основе ПВС¹⁴.

Для удаления восковых и воско-смоляных адгезивов высокую эффективность продемонстрировали две системы «гель-очищающая жидкость», результаты испытаний которых приведены ниже.

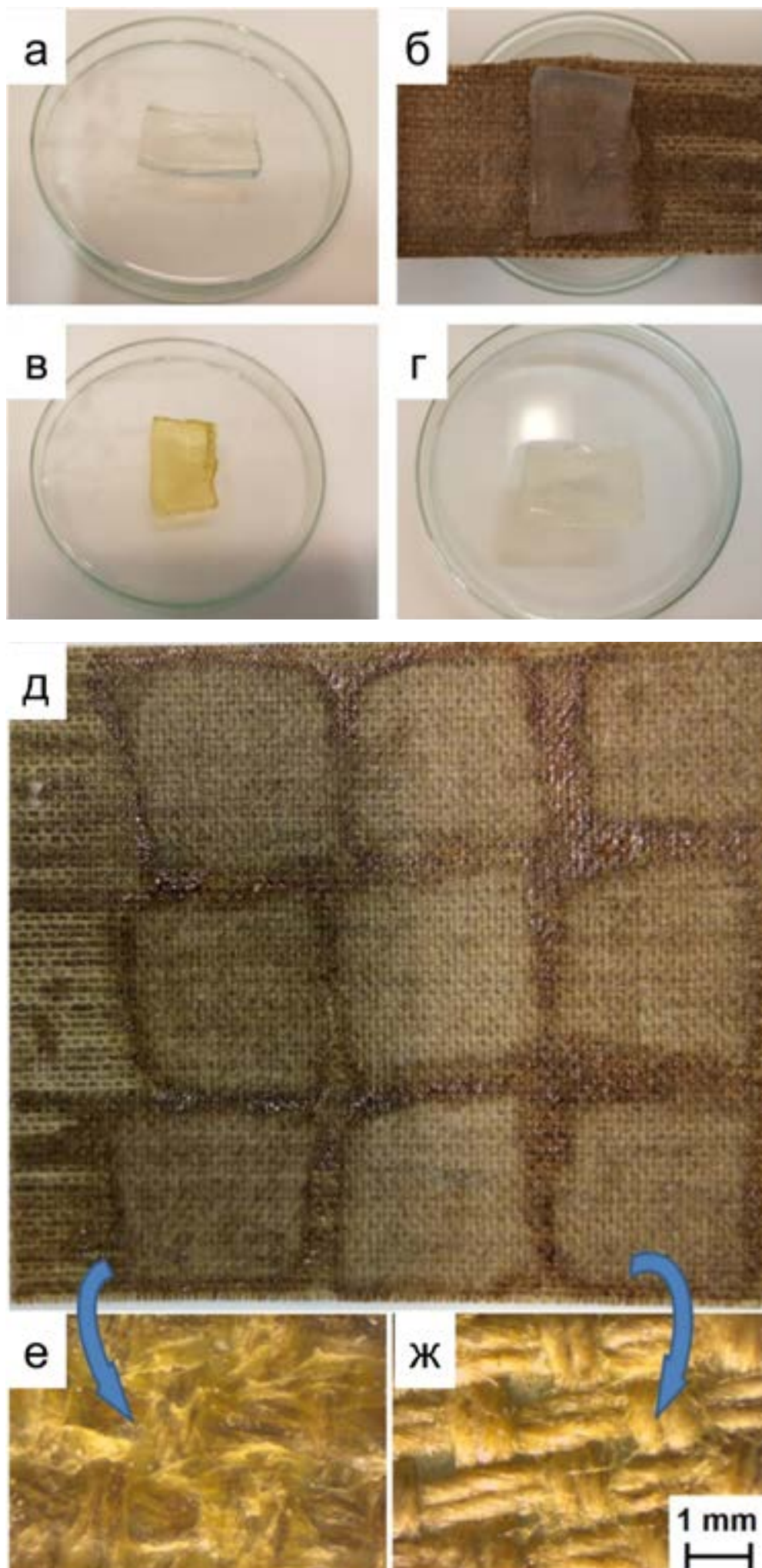
Нанокompозитный органогель на основе поли-п-изопропилакриламида

В 2021 году был опубликован патент¹⁵ исследователей из Варшавского университета (авторы К. Каневска, Е. Пилечка-Петрусинска и М. Карбарз). Авторы предложили новый безопасный и эффективный метод удаления воско-смоляных адгезивов из структуры холста с помощью органогеля на основе поли-N-изопропилакриламида (ПНИПА, англ. pNIPA), в который для улучшения механических свойств вводится наноструктурированный Laponite XLSh).

По результатам многочисленных испытаний различных групп растворителей была выбрана трехкомпонентная система изопропанол (35%) / изооктан (45%) / ацетон (20%) (в объемных долях), которая продемонстрировала высокое сродство к компонентам адгезива. Подобные показатели имеет трихлорэтилен, который давно считается самым эффективным растворителем воска и натуральных смол, однако ввиду его токсичности он не рекомендован к применению. Предложенная авторами патента смесь содержит растворители, которые характеризуются низкой токсичностью и активно используются в реставрационной практике, а тот факт, что очищающая жидкость «заключена» внутри геля делает ее еще более безопасной для реставраторов ввиду снижения скорости испарения.

Для удаления воско-смоляного адгезива органогель помещают на расчищаемую поверхность холста, накрывают полиэтиленовой пленкой для замедления процесса испарения растворителей и оставляют на 30–60 мин. (ил. 1). Поскольку гель прозрачен, то процесс экстракции адгезива можно контролировать визуально: в результате растворения и сорбции адгезива, гель приобретает желто-оранжевый цвет (ил. 1В). Органогель подвергается регенерации путем его погружения в чистый раствор из смеси растворителей (ил. 1Г), после чего его можно повторно использовать как минимум до 10 раз (ил. 1Д).

Полученный нанокompозитный органогель обладает многими полезными свойствами: высоким содержанием очищающей смеси, высокой эластичностью и механической прочностью, благодаря чему гелевый носитель не подвергается механической деструкции ни в процессе удаления восково-смоляного адгезива, ни в процессе регенерации. Кроме того, гель продемонстрировал высокую эффективность при извлечении адгезива из пустот между нитями холста. Органогель можно использовать многократно без видимой потери очищающей способности. В ходе консервационных испытаний, а также по результатам исследований состава волокон и материалов живописи методами инфракрасной спектроскопии (ИК) и газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) было установлено, что органогель безопасен для холста и живописи при использовании на обороте картин, поскольку нейтрален к целлюлозным компонентам, а также к полимеризованным маслам, содержащимся в красочных слоях. С помощью данной методики были успешно расчищены два произведения: «Циннии в голубой вазе» (неизвестный художник, 1930 г., холст, масло, 53 × 43, частное собрание) (ил. 2) и «Царица Екатерина» (неизвестный художник, XVIII в., коллекция Национального музея Варшавы)¹⁶.



Илл. 1.
 Фотографии фрагмента
 нанокомпозитного
 органогиеля
 на основе поли-N-
 изопрропилакриламида:
 (а) до очистки,
 (б) во время очистки,
 (в) после очистки,
 (г) после регенерации;
 (д) макрофотография
 холста модельного
 образца после
 девяти очисток
 с использованием
 одного фрагмента
 органогиеля (между
 операциями расчистки
 геля регенерировали);
 (е–ж) микрофотографии
 холста до и после
 процесса расчистки.
 — URL: *ACS Appl. Mater.
 Interfaces* 2023, 15, 20,
 24798–24811



Илл. 2. Неизвестный художник. «Циннии в голубой вазе». 1930 г., холст, масло, 53×43 см, частное собрание. Удаление воско-смоляной мастики с оборота картины с использованием нанокompозитного органогеля на основе поли-N-изопропилакриламида: (а) вид лицевой и оборотной сторон картины перед расчисткой, (б) процесс расчистки, (в) вид лицевой и оборотной сторон картины после удаления адгезива. — URL: ACS Appl. Mater. Interfaces 2023, 15, 20, 24798-24811

Гель на основе поливинилового спирта с наноземulsionей

В 2018 году был завершен трехлетний проект Nanorestart¹⁷, главной задачей которого являлась оценка эффективности новых наноожидкостей и гелевых систем для очистки поверхностей красочного слоя произведений нового и современного искусства.

В ходе проекта группой исследователей из Музея Коллекции Пегги Гуггенхайм (Венеция) были опробованы гидрогели на основе ПВС, которые представляют собой «двухцепочечные» полимерные сетки (англ. "twin-chain" polymer networks / TC-PNs/), разработанные в рамках Межуниверситетского консорциума по разработке больших межфазных систем (Consortio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase /CSGI/)¹⁸. Их получают путем взаимопроникновения ПВС с более низкой молекулярной массой в сети высокомолекулярного ПВС.

Добавление низкомолекулярного ПВС изменяет пористость геля, а также оказывает влияние и на механические свойства, приводя к тому, что гель становится более эластичным. Все это в совокупности обеспечивает более высокую эффективность очистки по сравнению с обычными гелями на основе ПВС. Эти свойства способствуют также преодолению ограничений жестких гелей, таких как агар, желлановая камедь и ВПС на основе ПГЭМА / ПВП.

Впервые «двухцепочечные» гидрогели на основе ПВС были успешно применены для удаления поверхностных загрязнений с двух работ Джексона Поллока¹⁹. Этот проект привел к созданию и выпуску коммерческих продуктов Nanorestore Peggy Gels® и Nanorestore Peggy Gums®.

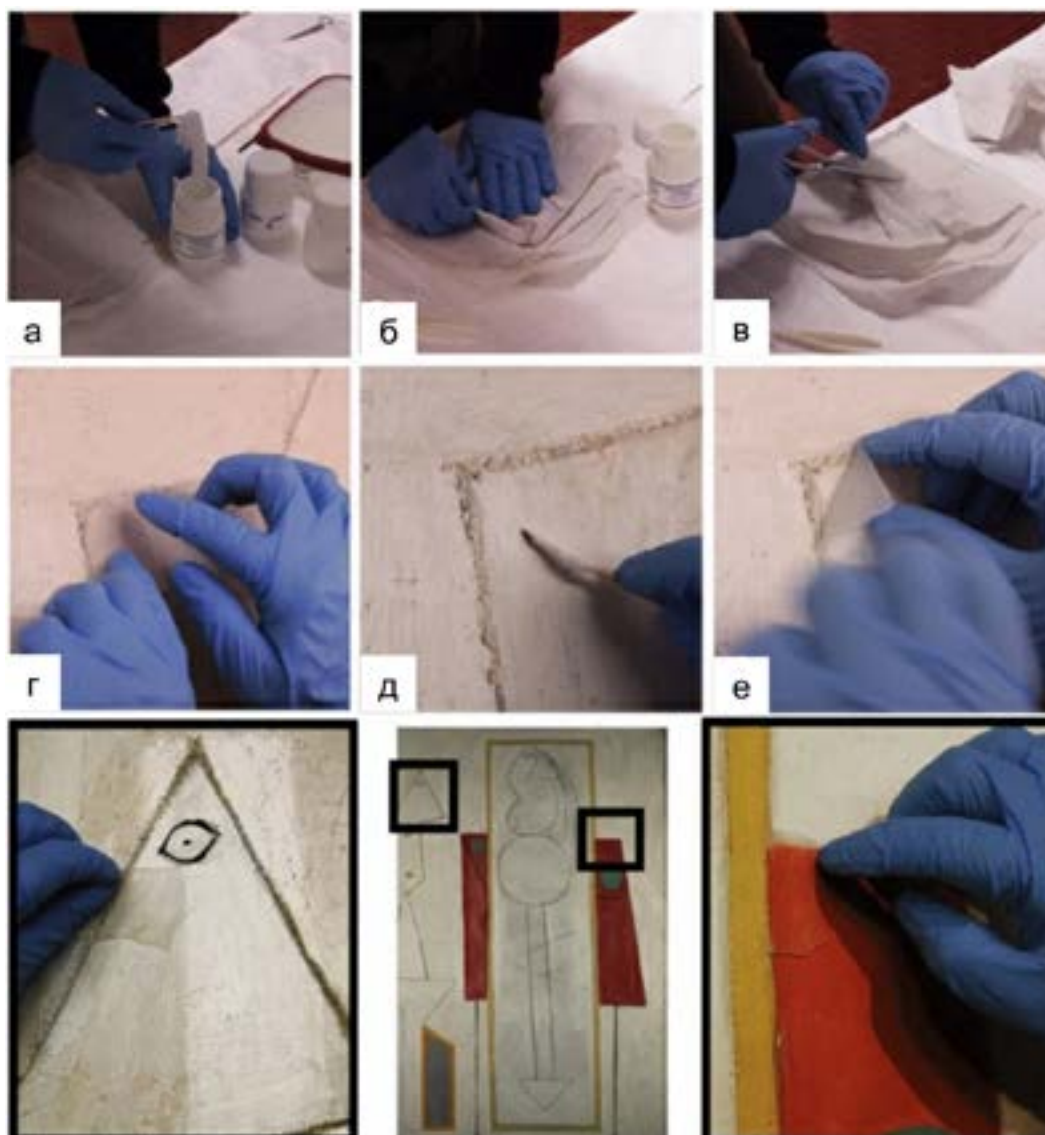
В 2020 году были проведены испытания с использованием тех же гелей, но в сочетании с наноэмульсионной жидкостью, для возможности удаления покрытий на основе поливинилацетата²⁰. В качестве объекта для исследований была выбрана картина П. Пикассо «Студия» ("L'Atelier", 1928 г., холст, масло) из коллекции Пегги Гуггенхайм. В 1969 году работа, изначально не имевшая авторского лака, была сдублирована с использованием воско-смоляного адгезива, а после покрыта составом на основе поливинилацетата. Со временем, в связи с пожелтением покровного слоя, появлением загрязнений, а также проникновением воска в кракелюр красочного слоя, колорит картины сильно изменился, и задуманный художником тонкий тональный контраст белого на белом перестал быть заметным.

Как уже упоминалось выше, микро- и наноэмульсии за последние десять лет получили широкое распространение в области реставрации и консервации, поскольку эти составы для расчистки демонстрируют более высокую эффективность при удалении гидрофобных покрытий в сравнении с обычными растворителями. В приводимой работе по расчистке красочного слоя картины Пикассо использовали наноэмульсионную жидкость, приготовленную следующим образом: сначала при комнатной температуре готовили водный раствор поверхностно-активных веществ (в качестве ПАВ применяли этоксилат спирта C9-11E5.5 и додецилсульфат натрия), после чего к раствору добавляли два растворителя (2-бутанол и бутанон / или метилэтилкетон/) и тщательно перемешивали до получения стабильной эмульсии. Гидрогель на основе ПВС погружали в приготовленную эмульсию на сутки для заключения очищающей жидкости в гелевую систему.

Действие геля на основе ПВС с наноэмульсией было предварительно испытано на модельных образцах. Они были изготовлены путем нанесения различных масляных красок на фабрично загрунтованные фрагменты холста, после чего на некоторых из них была проведена процедура воско-смоляного дублирования, и на заключительном этапе все образцы были покрыты лаком на основе поливинилацетата.

Перед нанесением геля на поверхность красочного слоя излишки очищающей жидкости удалялись с помощью фильтровальной бумаги. Время экспозиции составляло от нескольких секунд до 2 минут. В результате воздействия слои лака и воска набухали и размягчались, и их можно было легко удалить сухим ватным тампоном. Затем на место расчистки наносили гель, смоченный водой, чтобы убрать возможные остатки наноэмульсионной жидкости с поверхности красочного слоя. Мониторинг эффективности и безопасности очистки осуществлялся путем измерений, проводимых методом двумерной ИК-спектроскопии. Было определено,

что уменьшение времени экспозиции до 5 секунд не оказывает существенного влияния на степень эффективности, а более короткое время контакта с живописной поверхностью всегда является более предпочтительным. По отработанной методике была успешно проведена расчистка картины Пикассо с использованием геля на основе ПВС и наноэмульсии (ил. 3, 4).



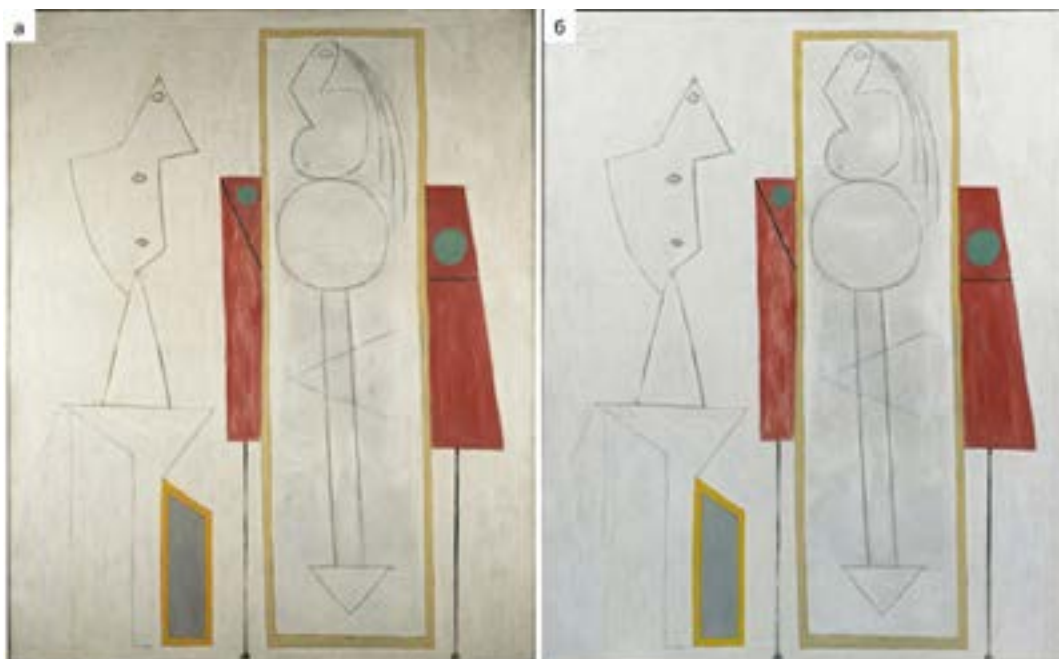
Илл. 3.

П. Пикассо. «Студия».
"L'Atelier". 1928 г.,
холст, масло, черный
карандаш, 161,6×129,9
см, Собрание П.
Гуггенхайм, Венеция
(Фонд Соломона Р.
Гуггенхайма, Нью Йорк).
Последовательность
проведения расчистки
картины:
(а) гидрогель на основе
поливинилового
спирта, выдержанный
в наноэмульсионной
жидкости в течение
суток; (б) удаление
излишков наноэмульсии
путем промакивания
геля фильтровальной
бумагой; (в) разрезание
геля на фрагменты
заданного размера
и формы; (г) нанесение
геля на живописную
поверхность;
(д) удаление
размягченного лака
и воска с помощью
сухого ватного
тампона; (е) удаление
возможных остатков
наноэмульсионной
жидкости путем
нанесения на
рабочий участок
геля, предварительно
погруженного в воду;
в нижнем ряду —
фрагменты картины,
выделенные черными
рамками, в процессе
расчистки. — URL:
<https://doi.org/10.1186/s40494-020-00420-0>

«Носитель» — нетканый материал из микроволокна Evolon® CR

В 2018 году отдел консервации коллекции Мениль (The Menil Collection) провел процедуру экстракции воско-смоляного адгезива на картине Жоржа Брака «Кувшин, подсвечник и черная рыба» (1943 г., собрание коллекции Мениль, Хьюстон), используя в качестве «носителя» растворителя нетканый материал из микроволокна Evolon CR²¹. Evolon CR представляет собой безворсовый текстильный

материал, состоящий из полиэфирных и полиамидных микроволокон, который обладает высокой впитывающей способностью (поглощает до 400% собственного веса в жидкости). Было доказано, что данный материал может доставлять растворитель так же эффективно, как и гели, при этом сводя к минимуму предварительную подготовку и одновременно выступая в качестве абсорбента. В результате испытаний на растворимость дублировочного состава авторами методики были выбраны ксилол и деароматизированный уайт-спирит (ShellSol Odorless Mineral Spirits) в качестве растворителей. Подробное описание предложенной методики на русском языке представлено в работе «Исследование эффективности реставрационных методик по удалению восковых и воско-смоляных адгезивов из тканых основ произведений станковой масляной живописи»²². На *ил. 5* приведена схема, иллюстрирующая этапы проведения экстракции, используемые материалы и параметры (температура и давление), устанавливаемые на вакуумном столе. Любопытно, что в ходе тестовых испытаний было установлено, что эффективность Evolon CR одинакова как при использовании, так и без использования вакуумного стола, то есть впитывание воско-смоляной смеси через капиллярное давление) значительно сильнее, чем всасывание воздуха вакуумным столом. Тем не менее, авторы рекомендовали проводить операции на вакуумном столе для обеспечения плотного прилегания холста к Evolon CR, а также для отвода растворителей. В качестве методов оценки эффективности выполняемых операций в работе использовались изменение массы холста (потеря составила 14%) и спектрофотометрические измерения, которые количественно подтвердили наблюдаемые глазом изменения — цвет грунта стал светлее. По результатам проведенных нами исследований эффективности данной методики, выполненных на модельных образцах²³, она показала наилучшие значения: для всех типов адгезивов — восковых и воско-смоляных — показатель эффективности составил выше 90%.



Илл. 4.
П. Пикассо. «Студия».
Общий вид: (а), (б) до
и после расчистки
гелем на основе
поливинилового спирта
с наноземulsionей.
— URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00420-0>

Заключение

В данной статье рассмотрены новые прогрессивные способы удаления восковых и воско-смоляных адгезивов, основанные на действии очищающих составов, заключенных в различные виды «носителей». Важно отметить, что описанные нами

методики и материалы были разработаны и апробированы в течение последних нескольких лет, что свидетельствует о высокой скорости развития технологий в области реставрации и необходимости постоянно отслеживать происходящие изменения.



Илл. 5.

Схематическое представление методики удаления воско-смоляных адгезивов из структуры холста с применением Evolon CR. Приведены последовательное расположение сорбирующих материалов на поверхности вакуумного стола, заданные параметры температуры и давления, а также время экспозиции. Схема подготовлена графическим дизайнером В.О. Зеленовым

Рассмотренные методики являются перспективными с точки зрения практической работы с произведениями станковой масляной живописи, так как позволяют выполнять операции контролируемо и безопасно как для картин, так и для реставраторов. Также они представляют несомненный интерес с точки зрения науки в области сохранения культурного наследия, так как соответствуют современным тенденциям к более технологичным и экологичным реставрационным процессам. Дальнейшее изучение и внедрение в работу названных методик может оказать значительное влияние на практику расчистки произведений как от загрязнений, так и от старых реставрационных материалов.

Терминологические пояснения

а) Поверхностно-активные вещества (ПАВ) — химические соединения, молекулы которых имеют в своем составе одну или несколько полярных групп (гидрофильная часть) и неполярную (углеводородную) часть (она же — гидрофобная часть). ПАВ могут служить обычное мыло (смесь натриевых солей жирных карбоновых кислот — олеата, стеарата натрия и т. п.) и синтетические моющие средства²⁴. Моющее действие ПАВ обусловлено несколькими факторами, среди которых важнейшую роль играет образование так называемых мицелл. На поверхности мицелл находятся гидрофильные части молекул, а ядро мицелл составляют гидрофобные части, которые образуют органическую среду. В этой среде отлично растворяются жировые загрязнения, за счет чего водные растворы ПАВ нашли широкое применение при удалении гидрофобных нежелательных слоев с поверхностей произведений. Помимо моющих средств, ПАВ также используют в качестве стабилизаторов микро- и нано-эмульсий²⁵.

b) Хелатообразующий агент, или хелатирующее вещество (англ. "chelating agent") — это химическое соединение, обладающее способностью связывать атомы металлов и образовывать с ними комплексы²⁶. Примерами хелатирующих агентов, используемых, например, для удаления поверхностных загрязнений на произведениях живописи, являются этилендиаминтетрауксусная кислота (ЭДТА), лимонная кислота и триполифосфат натрия²⁷.

с) Энзимы (или ферменты) представляют собой сложные биомолекулы, состоящие в основном из высокомолекулярных белков, которые катализируют биохимические реакции, в ходе которых происходит превращение определенных соединений, называемых субстратами ферментов²⁸.

d) Микро- и наноэмульсии — дисперсии, состоящие из двух несмешивающихся фаз, например, эмульсии типа «масло в воде» (англ. "oil in water emulsions"), в которых «маслами» являются растворители, диспергируемые в виде капель микронного или наноразмера в непрерывной водной фазе с использованием ПАВ²⁹.

е) Лиофилизация — способ мягкой сушки веществ, при котором высушиваемый препарат замораживается, а потом помещается в вакуумную камеру, где происходит возгонка (сублимация) растворителя. Метод лиофилизации позволяет получать сухие ткани, препараты, продукты и т. п. без потери их структурной целостности и биологической активности³⁰.

ф) Трис-ацетатный буфер — буферный раствор на основе трис-гидроксиметиламинаметана, используемый для поддержания pH в пределах 7–9.

g) Взаимопроникающие полимерные сетки — это полимер-полимерные композиции, состоящие из двух или более трехмерных полимеров, в которых индивидуальные сетки полимеров химически не связаны, но неразделимы из-за механического переплетения цепей, определяемого условиями синтеза³¹.

h) Laponite XLS — синтетический слоистый гидратированный силикат магния, в состав которого входит пирофосфат натрия в качестве диспергирующего агента (92.32 масс.% $Mg_5.34Li_{0.66}Si_8O_{20}(OH)_4Na_{0.66}$ и 7.68 масс.% $Na_4P_2O_7$)³².

i) Капиллярные эффекты (капиллярное давление и капиллярная пропитка) — поверхностные явления в пористых средах, возникающие вследствие наличия преимущественной смачиваемости поверхности поровых каналов, и заключающиеся в подъеме или опускании жидкости в узких каналах или пористых телах. Это происходит за счет того, что жидкость стремится смочить поверхность канала и подняться вверх, несмотря на силу притяжения. На этом эффекте основано множество бытовых явлений, таких, как впитывание жидкости с рук полотенцем, действие влажных тряпок, губок, а также шариковых ручек, постоянно «подкачивающих» чернила из стержня, и другие³³.

Примечания

1. Conserving Canvas. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/> (дата обращения: 01.10.2023).

2. Горин И.П., Суворов И.П., Черкасова З.В. и др. Реставрация произведений станковой масляной живописи : учеб. пособие для сред. худож. заведений / науч. ред.

И.П. Горин, З.В. Черкасова. М. : Искусство, 1977. — 223 с.; *Berger G., Zeliger H.* Detrimental and irreversible effects of wax impregnation on easel paintings // ICOM Committee for Conservation, 4th triennial meeting in Venice : Preprints / The International Council of Museums. Rotterdam : Bouwcentrum (Impr.), 1975. Paper Number 75/11/2-10.

3. *Kerr A., Manthey G., Teeter K. et al.* Chronicles in Wax-Resin Lining: A Historic Look at Lining Practices and Their Effectual Legacy on Paintings in the Smithsonian American Art Museum Collection. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/iii-open-questions/17/> (дата обращения: 01.10.2023).

4. *Froment E.* On Color Change in Seventeenth-Century Netherlandish Paintings after Wax-Resin Lining. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/45/> (дата обращения: 01.10.2023).

5. *Bradley L., Summer J.* Waxing Historical: Preliminary Insights into Wax-Resin Lining Practices at the Brooklyn Museum. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/41/> (дата обращения: 01.10.2023); *Kunikata S., Kijima T., Tsukada M.* Various Recipes of Wax Resin for Lining Used in Japan and How the Recipe Affects Removal. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/50/> (дата обращения: 01.10.2023).

6. *Dijkema D., Epley B.* Wax-Resin Extraction Traction on a Late Georges Braque Still Life. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/vii-modern-contemporary/39/> (дата обращения: 01.10.2023); *Ly J., Liu C., Qu J. et al.* Analysis of Evolon CR as a Poulticing Agent for Wax-Resin Lining Adhesives: Py-GCMS, BET, and SEM Analyses of Used Evolon CR Tissues. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/49/> (дата обращения: 01.10.2023); *Voronina M., Morozova E., Churakova M.* Removing Beeswax Residues from the Structure of the Canvas with AEROSIL. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/48/> (дата обращения: 01.10.2023).

7. *Юровецкая А.В., Юровецкая Е.В.* Опыт повторных реставраций произведений станковой масляной живописи, укрепленной ранее восковыми составами // Сохранение культурного наследия: исследования, реставрация, новые открытия. Материалы IV Междунар. научно-практич. конф.: Санкт-Петербург, 12–14 ноября 2020 г. / науч.ред. Ю.Г. Бобров; сост. А.И. Шаманькова. СПб. : С.-Петерб. Акад. художеств, 2021. С. 164–170.

8. Проблема удаления восковых и воско-смоляных адгезивов из тканых основ произведений станковой масляной живописи. Сравнение методик и материалов [Текст]: отчет о НИР (заключ.) / Государственный научно-исследовательский институт реставрации; рук. М.С. Чуракова. М., 2021 // Научно-технический архив ГОСНИИР.

9. *Nanoscience for the conservation of works of art* / ed. by P. Baglioni and D. Chelazzi. Cambridge : Royal Society of Chemistry, 2013. P. 495.

10. *Nicolaus K.* The Restoration of Paintings / ed. by C. Westphal; translated by J. Hayward et al. Cologne : Konemann, 1999. P. 422. — ISBN 978-3895089220.

11. *Юровецкая А.В., Юровецкая Е.В., Морозова Е.А.* Исследование эффективности реставрационных методик по удалению восковых и воско-смоляных адгезивов из тканых основ произведений станковой масляной живописи // Девятый Всероссийский конкурс молодых ученых в области искусств и культуры : сб. работ лау-

реатов [Электронное сетевое издание]. М. : Институт Наследия, 2022. С. 1206–1240. — URL: <https://heritage-institute.ru/?books=devyatij-vserossijskij-konkurs-molodyh-uchenyh-v-oblasti-iskusstv-i-kultury-sbornik-rabot-laureatov-elektronnoe-setevoe-izdanie-m-institut-naslediya-2022> (дата обращения: 01.10.2023).

12. *Cremonesi P., Casoli A.* Enzymes as tools for conservation of works of art // *Journal of Cultural Heritage*. V. 50. 2021. P. 73–87.

13. News from diagnostic world: Nasiergel, the innovative product for the bio-cleaning of cultural heritage. — URL: <https://researcheritage-eng.blogspot.com/2021/05/news-from-diagnostic-world-nasier-gel.html> (дата обращения: 01.10.2023).

14. *Chelazzi D., Fratini E., Giorgi R. et al.* Gels for the cleaning of works of art // *ACS Symposium Series*. August 2018. — URL: <https://doi.org/10.1021/bk-2018-1296.ch015> (дата обращения: 01.10.2023)

15. *Kaniewska K., Karbarz M., Pilecka-Pietrusińska E.* A method of removing a wax-resin adhesive from the canvases of wax-resin lined paintings, a cleaning mixture and an organogel for use in this method and the method of producing this organogel. — PCT/PL2021/000044.

16. *Kaniewska K., Pilecka-Pietrusińska E., Karbarz M.* Nanocomposite Organogel for Art Conservation — A Novel Wax Resin Removal System // *ACS Applied Materials & Interfaces*. May 2023. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsmami.3c00321> (дата обращения: 01.10.2023).

17. Nanorestart. — URL: http://www.nanorestart.eu/images/download/NRA_booklet.pdf (дата обращения: 01.10.2023).

18. *Mastrangelo R., Chelazzi D., Poggi G. et al.* Twin-chain polymer hydrogels based on poly (vinylalcohol) as new advanced tool for the cleaning of modern and contemporary art. — URL: <https://doi/10.1073/pnas.1911811117> (дата обращения: 01.10.2023).

19. *Mastrangelo R., Chelazzi D., Poggi G. et al.* Op. cit.

20. *Buemi L., Petruzzellis M., Chelazzi D. et al.* Twin-chain polymer networks loaded with nanostructured fluids for the selective removal of a non-original varnish from Picasso's "L'Atelier" at the Peggy Guggenheim Collection, Venice. — URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00420-0> (дата обращения: 01.10.2023).

21. *Dijkema D., Epley B.* Wax-Resin Extraction Traction on a Late Georges Braque Still Life. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/vii-modern-contemporary/39/> (дата обращения: 01.10.2023).

22. Юровецкая А.В., Юровецкая Е.В., Морозова Е.А. Указ. соч.

23. Там же.

24. *Мансураева Л.М., Юсупова И.И., Булаев С.А.* Поверхностно-активные вещества: свойства и применение // *Вестник магистратуры*. №2–1 (125). 2022. С. 30–35.

25. *Chelazzi D., Bordes R., Giorgi R. et al.* The use of surfactants in the cleaning of works of art // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2020. V. 45. P. 108–123. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2019.12.007> (дата обращения: 01.10.2023).

26. *Burgess H.* The use of chelating agents in conservation treatment //

The Conservator. 1991. V. 15:1. P. 36–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03094227.1991.9638395> (дата обращения: 01.10.2023).

27. *Phenix A., Burnstock A.* The removal of surface dirt on paintings with chelating agents // The Conservator. 1992. V. 16:1. P. 28–38. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/01400096.1992.9635624> (дата обращения: 01.10.2023).

28. *Cremonesi P., Casoli A.* Op. cit.

29. *Chelazzi D., Bordes R., Giorgi R. et al.* Op. cit.

30. Лиофилизация // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. М. : Совет. энцикл., 1973. Т. 14. — URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/103828> (дата обращения: 01.10.2023).

31. *Сергеева Л.М., Горбач Л.А.* Градиентные взаимопроникающие полимерные сетки: получение и свойства // Успехи химии, 1996. №65 (4). С. 367–376.

32. *Kaniewska K., Pilecka-Pietrusińska E., Karbarz M.* Op. cit.; Laponite® XLS. — URL: <https://www.ulprospector.com/en/eu/PersonalCare/Detail/1094/374915/LAPONITE-XLS> (дата обращения: 01.10.2023).

33. Капиллярные эффекты. — URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/geologiya-poleznykh-iskopaemykh/539254-kapillyarnye-effekty/> (дата обращения: 01.10.2023); Физики объяснили капиллярный эффект в твердых телах. — URL: <https://nplus1.ru/news/2017/05/25/granular-capillary-action> (дата обращения: 01.10.2023).

1. Conserving Canvas. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/> (data obrashheniya: 01.10.2023).

2. *Gorin I.P., Suvorov I.P., Cherkasova Z.V. i dr.* Restavraciya proizvedenij stankovoj maslyanoj zhivopisi : ucheb. posobie dlya sred. xudozh. zavedenij / nauch. red. I.P. Gorin, Z.V. Cherkasova. M. : Iskuststvo, 1977. — 223 s.; *Berger G., Zeliger H.* Detrimental and irreversible effects of wax impregnation on easel paintings // ICOM Committee for Conservation, 4th triennial meeting in Venice : Preprints / The International Council of Museums. Rotterdam : Bouwcentrum (Impr.), 1975. Paper Number 75/11/2-10.

3. *Kerr A., Manthey G., Teeter K. et al.* Chronicles in Wax-Resin Lining: A Historic Look at Lining Practices and Their Effectual Legacy on Paintings in the Smithsonian American Art Museum Collection. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/iii-open-questions/17/> (data obrashheniya: 01.10.2023).

4. *Froment E.* On Color Change in Seventeenth-Century Netherlandish Paintings after Wax-Resin Lining. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/45/> (data obrashheniya: 01.10.2023).

5. *Bradley L., Summer J.* Waxing Historical: Preliminary Insights into Wax-Resin Lining Practices at the Brooklyn Museum. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/41/> (data obrashheniya: 01.10.2023); *Kunikata S., Kijima T., Tsukada M.* Various Recipes of Wax Resin for Lining Used in Japan and How the Recipe Affects Removal. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/50/> (data obrashheniya: 01.10.2023).

6. *Dijkema D., Epley B.* Wax-Resin Extraction Traction on a Late Georges Braque Still Life. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/vii-modern-contemporary/39/> (data obrashheniya: 01.10.2023); *Ly J., Liu C., Qu J. et al.* Analysis of Evolon CR as a Poulticing Agent for Wax-Resin Lining Adhesives: Py-GCMS, BET, and SEM Analyses of Used Evolon CR Tissues. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/49/> (data obrashheniya: 01.10.2023); *Voronina M., Morozova E., Churakova M.* Removing Beeswax Residues from the Structure of the Canvas with AEROSIL. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/viii-posters/48/> (data obrashheniya: 01.10.2023).

7. *Yuroveczkaya A.V., Yuroveczkaya E.V.* Opyt povtornykh restavracij proizvedenij stankovoj maslyanoj zhivopisi, ukreplennoj ranee voskovyimi sostavami // Soxranenie kulturnogo naslediya: issledovaniya, restavraciya, novye otkrytiya. Materialy IV Mezhdunar. nauchno-praktich. konf.: Sankt-Peterburg, 12–14 noyabrya 2020 g. / nauch. red. Yu.G. Bobrov; sost. A.I. Shaman'kova. SPb. : S.-Peterb. Akad. xudozhestv, 2021. S. 164–170.

8. Problema udaleniya voskovyx i vosko-smolyanyx adgezivov iz tkanyx osnov proizvedenij stankovoj maslyanoj zhivopisi. Sravnenie metodik i materialov [Tekst]: otchet o NIR (zaklyuch.) / Gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij institut restavracii; ruk. M.S. Churakova. M., 2021 // Nauchno-texnicheskij arxiv GOSNIIR.

9. Nanoscience for the conservation of works of art / ed. by P. Baglioni and D. Chelazzi. Cambridge : Royal Society of Chemistry, 2013. P. 495.

10. *Nicolaus K.* The Restoration of Paintings / ed. by C. Westphal; translated by J. Hayward et al. Cologne : Konemann, 1999. P. 422. — ISBN 978-3895089220.

11. *Yuroveczkaya A.V., Yuroveczkaya E.V., Morozova E.A.* Issledovanie effektivnosti restavracionnyx metodik po udalenyu voskovyx i vosko-smolyanyx adgezivov iz tkannyx osnov proizvedenij stankovoj maslyanoj zhivopisi // Devyatyj Vserossijskij konkurs molodyx uchenyx v oblasti iskusstva i kul'tury : sb. rabot laureatov [Elektronnoe setevoe izdanie]. M. : Institut Naslediya, 2022. S. 1206–1240. — URL: <https://heritage-institute.ru/?books=devyatyj-vserossijskij-konkurs-molodyh-uchenyh-v-oblasti-iskusstva-i-kul'tury-sbornik-rabot-laureatov-elektronnoe-setevoe-izdanie-m-institut-naslediya-2022> (data obrashheniya: 01.10.2023).

12. *Cremonesi P., Casoli A.* Enzymes as tools for conservation of works of art // Journal of Cultural Heritage. V. 50. 2021. P. 73–87.

13. News from diagnostic world: Nasier gel, the innovative product for the bio-cleaning of cultural heritage. — URL: <https://researcheritage-eng.blogspot.com/2021/05/news-from-diagnostic-world-nasier-gel.html> (data obrashheniya: 01.10.2023).

14. *Chelazzi D., Fratini E., Giorgi R. et al.* Gels for the cleaning of works of art // ACS Symposium Series. August 2018. — URL: <https://doi.org/10.1021/bk-2018-1296.ch015> (data obrashheniya: 01.10.2023)

15. *Kaniewska K., Karbarz M., Pilecka-Pietrusińska E.* A method of removing a wax-resin adhesive from the canvases of wax-resin lined paintings, a cleaning mixture and an organogel for use in this method and the method of producing this organogel. — PCT/PL2021/000044.

16. *Kaniewska K., Pilecka-Pietrusińska E., Karbarz M.* Nanocomposite Organogel for Art Conservation — A Novel Wax Resin Removal System // ACS Applied Materials & Interfaces. May 2023. — URL: <https://doi.org/10.1021/acsami.3c00321> (data obrashheniya: 01.10.2023).
17. Nanorestart. — URL: http://www.nanorestart.eu/images/download/NRA_booklet.pdf (data obrashheniya: 01.10.2023).
18. *Mastrangelo R., Chelazzi D., Poggi G. et al.* Twin-chain polymer hydrogels based on poly(vinylalcohol) as new advanced tool for the cleaning of modern and contemporary art. — URL: <https://doi/10.1073/pnas.1911811117> (data obrashheniya: 01.10.2023).
19. *Mastrangelo R., Chelazzi D., Poggi G. et al.* Op. cit.
20. *Buemi L., Petruzzellis M., Chelazzi D. et al.* Twin-chain polymer networks loaded with nanostructured fluids for the selective removal of a non-original varnish from Picasso's "L'Atelier" at the Peggy Guggenheim Collection, Venice. — URL: <https://doi.org/10.1186/s40494-020-00420-0> (data obrashheniya: 01.10.2023).
21. *Dijkema D., Epley B.* Wax-Resin Extraction Traction on a Late Georges Braque Still Life. — URL: <https://www.getty.edu/publications/conserving-canvas/vii-modern-contemporary/39/> (data obrashheniya: 01.10.2023).
22. *Yuroveczkaya A.V., Yuroveczkaya E.V., Morozova E.A.* Ukaz. soch.
23. Tam zhe.
24. *Mansuraeva L.M., Yusupova I.I., Bulaev S.A.* Poverxnostno-aktivny'e veshhestva: svojstva i primeneniye // Vestnik magistratury. №2–1 (125). 2022. S. 30–35.
25. *Chelazzi D., Bordes R., Giorgi R. et al.* The use of surfactants in the cleaning of works of art // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2020. V. 45. P. 108–123. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2019.12.007> (data obrashheniya: 01.10.2023)).
26. *Burgess H.* The use of chelating agents in conservation treatment // The Conservator. 1991. V. 15:1. P. 36–44. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/03094227.1991.9638395> (data obrashheniya: 01.10.2023).
27. *Phenix A., Burnstock A.* The removal of surface dirt on paintings with chelating agents // The Conservator. 1992. V. 16:1. P. 28–38. — URL: <http://dx.doi.org/10.1080/01400096.1992.9635624> (data obrashheniya: 01.10.2023).
28. *Cremonesi P., Casoli A.* Op. cit.
29. *Chelazzi D., Bordes R., Giorgi R. et al.* Op. cit.
30. Liofilizaciya // Bol'shaya sovetskaya e`nciklopediya : [v 30 t.] / gl. red. A.M. Proxorov. 3-e izd. M. : Sovet. e`ncikl., 1973. T. 14. — URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/103828> (data obrashheniya: 01.10.2023).
31. *Sergeeva L.M., Gorbach L.A.* Gradientny'e vzaimopronikayushhie polimerny'e setki: poluchenie i svojstva // Uspexi ximii, 1996. №65 (4). S. 367–376.
32. *Kaniewska K., Pilecka-Pietrusińska E., Karbarz M.* Op. cit.; Laponite® XLS. — URL: <https://www.ulprospector.com/en/eu/PersonalCare/Detail/1094/374915/LAPONITE-XLS> (data obrashheniya: 01.10.2023).

33. Kapillyarny`e e`ffekty`. — URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/geologiya-poleznykh-iskopaemykh/539254-kapillyarnye-effekty/> (data obrashheniya: 01.10.2023); Fiziki ob`yasnili kapillyarny`j e`ffekt v tverdy`x telax. — URL: <https://nplus1.ru/news/2017/05/25/granular-capillary-action> (data obrashheniya: 01.10.2023).

Сведения об авторах

Морозова Екатерина Александровна — ФГБНИУ «ГОСНИИР», научный сотрудник Лаборатории физико-химических исследований.

Российская Федерация, 107014, Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1

E-mail: morozovaea@gosniir.ru

Юровецкая Анастасия Владимировна — ФГБНИУ «ГОСНИИР», научный сотрудник Отдела научной реставрации станковой масляной живописи

Российская Федерация, 107014, Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1

E-mail: ayurovetskaya@gmail.com

Юровецкая Елена Владимировна — ФГБНИУ «ГОСНИИР», художник-реставратор Отдела научной реставрации станковой масляной живописи.

Российская Федерация, 107014, Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1

E-mail: yurovetskaya@gmail.com

Morozova Ekaterina — the State Research Institute for Restoration, Research fellow in the Laboratory of Physical and Chemical Research.

44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation

E-mail: morozovaea@gosniir.ru

Yurovetskaya Anastasia — the State Research Institute for Restoration, Research fellow in the Department of scientific conservation of easel oil painting

44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation

E-mail: ayurovetskaya@gmail.com

Iurovetskaia Elena — the State Research Institute for Restoration, Conservator in the Department of scientific conservation of easel oil painting

44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation

E-mail: yurovetskaya@gmail.com

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 29.12.2023 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/>