

Н. К. Кириллова

РЕСТАВРАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие
Направление подготовки
54.03.04 «Реставрация»

Министерство культуры Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный институт культуры
Факультет мировой культуры
Кафедра реставрации и экспертизы объектов культуры

Н. К. Кириллова

**РЕСТАВРАЦИОННОЕ
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

Учебно-методическое пособие

Направление подготовки
54.03.04 «Реставрация»

Санкт-Петербург
2025

УДК 7.025.4:691(07)
ББК 85.100,83р30
К43

Учебно-методическое пособие издается по решению редакционно-издательского совета
Санкт-Петербургского государственного института культуры

Утверждено на заседании учебно-методического совета
Санкт-Петербургского государственного института культуры
в качестве учебно-методического пособия. Протокол № 1 от 11.03.2025

Рецензенты

Д. В. Агафонов, кандидат технических наук,
заведующий кафедрой технологии электрохимических производств
Санкт-Петербургского государственного технологического института

П. Г. Лисицын, кандидат технических наук, доцент,
реставратор I квалификационной категории,
заведующий кафедрой реставрации и экспертизы объектов культуры
Санкт-Петербургского государственного института культуры

Кириллова Наталья Константиновна

К43 Реставрационное материаловедение : учебно-методическое пособие /
Н. К. Кириллова ; Санкт-Петербург. гос. ин-т культуры, фак. мировой культу-
ры, каф. реставрации и экспертизы объектов культуры. – Санкт-Петербург :
СПбГИК, 2025. – 92 с.
ISBN 978-5-94708-395-8

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучаю-
щихся по направлению бакалавриата 54.03.04 «Реставрация». В пособии
описаны традиционные и современные материалы для реставрации произ-
ведений живописи, область их применения.

УДК 7.025.4:691(07)
ББК 85.100,83р30

ISBN 978-5-94708-395-8

© Н. К. Кириллова, 2025
© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Санкт-Петербургский
государственный институт культуры», 2025
© Оформление ФГБОУ ВО СПбГИК, 2025

Оглавление

Введение	4
Глава 1. Термины и определения. Классификация и требования к реставрационным материалам	5
Глава 2. Природные реставрационные материалы	13
2.1 Глютиновые клеи	13
2.2 Воски, смолы и воско-смоляные композиции	20
2.3. Растительные масла, олифы и масляные лаки	29
2.4 Сиккативы	34
Глава 3. Синтетические реставрационные материалы	41
3.1 Классификация синтетических материалов	41
3.2 Примеры синтетических материалов, используемых в реставрации	43
Глава 4. Классификация реставрационных материалов по реставрационным операциям	52
Глава 5. Растворители	56
Глава 6. Классификация реставрационных материалов в зависимости от вида повреждений и степени сохранности конкретного реставрируемого объекта	64
Глава 7. Новые материалы и технологии в практике реставрации музейных экспонатов	68
Вопросы итогового контроля успеваемости по дисциплине «Реставрационное материаловедение»	75
Заключение	76
Рекомендованная литература	77
Основная литература	77
Дополнительная литература.	77
Приложение 1. Таблицы	80
Приложение 2. Примеры тестовых заданий по дисциплине	85

Введение

Учебно-методическое пособие «Реставрационное материаловедение» предназначено для ознакомления студентов с основными типами химических препаратов и реставрационных материалов, используемых в реставрации памятников декоративно-прикладного и изобразительного искусства (живописи) в контексте природы объекта реставрации, а также с теоретическими основами и положениями международных кодексов этики и стандартов практики реставрации, которые определяют области применения новых технологий в реставрации памятников истории и искусства.

Рассматриваемая дисциплина в соответствии с основными целями курсов по подготовке специалистов реставрационного профиля призвана дать теоретическую базу и ознакомить студентов с источниками информации, позволяющих ориентироваться в частных вопросах, возникающих при решении практических задач по реставрации памятников культурно-исторического наследия.

Главной задачей любого реставрационного процесса является обеспечение долгосрочного сохранения реставрируемого объекта. Реставрация осуществляется посредством выполнения ряда операций, например, укрепления поврежденных фрагментов, объединения отдельных частей, удаления загрязнений, очистки, устранения деформаций и воссоздания утраченных участков. Для достижения наилучших результатов при выполнении этих операций необходимо тщательно подбирать реставрационные материалы. Выбор реставрационного материала представляет собой сложную задачу по нескольким причинам. Во-первых, каждое реставрируемое произведение обладает уникальными особенностями, требующими адаптации и корректировки уже существующих, проверенных методик. Во-вторых, арсенал реставрационных материалов ограничен, к тому же к ним предъявляются строгие, порой даже противоречивые, требования.

Глава 1. Термины и определения. Классификация и требования к реставрационным материалам

Адгезивы – это клеевые составы, разработанные для создания прочного и долговечного соединения между компонентами реставрируемого объекта.

Консолиданты – это материалы, предназначенные для установления надежной и продолжительной связи между частицами разрушенного авторского материала.

Доделочные массы – обычно это композиционные реставрационные материалы, применяемые по рекомендации реставрационного совета, когда материал памятника частично утрачен¹.

Покровные материалы включают в себя как матовые, так и глянцевые лаки, олифы, матирующие составы и защитные покрытия. Все материалы, используемые для реставрации, должны соответствовать следующим ключевым требованиям:

- *обратимость*, что подразумевает возможность легкого удаления реставрационного материала для проведения дальнейшей реставрации;
- *долговечность* – т. е. сохранение стабильности хотя бы в течение 50 лет;
- *прочность* реставрационного материала не должна превышать прочность оригинального материала²;
- *отсутствие изменений* в фактуре и тональности оригинального материала.

Реставрационные материалы можно классифицировать по нескольким критериям:

а) По физико-химическим свойствам их можно подразделить на органические материалы, такие как полимеры и синтетические смолы, которые обладают высокой адгезией и устойчивостью к воздействию внешней среды и неорганические материалы, например, минеральные составы, такие как цементы и известковые растворы, которые обеспечивают прочность и долговечность.

б) По назначению их можно подразделить на основные материалы, которые используются для восстановления утраченных частей объекта и дополнительные материалы, которые применяются в качестве вспомогательных средств для улучшения адгезии, защиты от влаги или повышения механических свойств реставрационных конструкций.

¹ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. Москва : РИО ГосНИИР, 1999. С. 9–10.

² Там же. С. 10

Классификация неорганических веществ применяемых в реставрационной практике

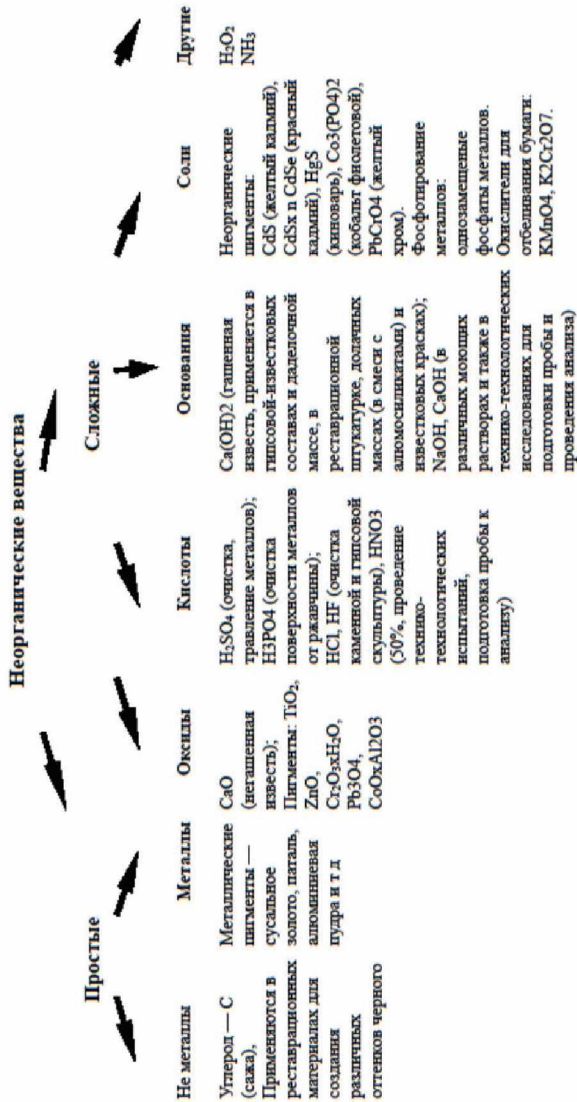


Рисунок 1. Использование неорганических соединений в реставрации

в) По способу применения: на материалы для ручной реставрации, требующие точного и аккуратного нанесения и материалы для машинной обработки, позволяющие ускорить процесс реставрации и обеспечить высокое качество работы.

В реставрационной практике используются низкомолекулярные неорганические соединения и органические соединения с различной молекулярной массой, а именно: *низкомолекулярные соединения* – с молекулярной массой до 500 м.м.; *олигомерные соединения* – с молекулярной массой 500–10000) м.м.; *высокомолекулярные соединения* – с молекулярной массой свыше 5000 (10000) м.м.³

К низкомолекулярным соединениям, в первую очередь можно отнести все неорганические соединения, используемые в реставрационной практике.

Неорганические вещества можно подразделить на простые (металлы и неметаллы) и сложные (оксиды, кислоты, основания, соли).

Самым ярким представителем неметаллов в реставрации считается углерод, который применяется в реставрационных материалах для создания различных оттенков черного, а также как составляющее колеровочных паст для придания краскам определенных оттенков. Применение металлов в виде простых веществ (листового металла) обусловлено созданием металлических декоративных покрытий, таких как *золочение* (сусальное золото), *серебрение*, нанесение потали, а также металлы используются в виде декоративных красок, таких как твёрдое золото, бронзянка и серебрянка, (*алюминиевая пудра*).

Свинец и олово используют при спайке витражей в виде припоя и непосредственно в виде свинцового профиля.

Применение сложных веществ разнообразно и довольно полно представлено на рис. 1. Неорганические пигменты и наполнители – это оксиды, соли и основания, например, такие как: изумрудная зеленая ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$), свинцовый или железный сурик, железная лазурь, фиолетовый или синий кобальт, наполнители грунтов – свинцовые белила ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$), мел (CaCO_3), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), цинковые белила (ZnO) и др.

Для изделий ДПИ следует упомянуть применение гипсово-известковых составов, доделочных масс, штукатурок, известковых красок, негашеной CaO , MgO и гашеной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ извести.

Составы для огне- и биозащиты древесины также являются смесями неорганических солей, таких как гидрофосфат аммония, сульфат аммония гидрофосфат натрия, бура и др. Следует упомянуть также и составы неорганических солей для окрашивания древесины, которые приведены в табл. 1.

³ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. Москва : Изд-во Индрик, 2022. С. 86–87.

Вещество	Концентрация раствора, %	Получаемый цвет древесины	
		При большом содержании дубильных веществ (дуб, бук, граб, каштан и т.д.)	При малом содержании дубильных веществ (липа, береза, клен и т.д.)
Сульфат железа	2,0	Черный	Серый
Сульфат марганца	2,5	Темно-коричневый	Коричневый
Сульфат железа с дихроматом калия	0,8+0,8	Оливково-коричневый	Оливковый
Сульфат меди	1,0	Коричневый	Светло-коричневый
Хлорид кальция	1,0	Красно-коричневый	Кофейный
Сульфат цинка	2,5	Красно-коричневый	Темно-красный
Дихромат калия	1,5	Коричневый	Желтый
Сульфат магния	2,0	Коричневый	Фиолетовый
Ацетат кобальта с сульфамином	1,0+0,5	Оранжевый	Желтый
Сульфат железа с сульфамином	1,0+0,5	Ярко-зеленый	Зеленый

Таблица 1. Неорганические вещества для окрашивания древесины⁴

Кислоты и основания широко используются в реставрации в составах для очистки экспонатов, а также для химического анализа в пререставрационных исследованиях.

С точки зрения очистки поверхности и снятия загрязнений с поверхностей реставрируемых объектов следует также упомянуть неорганические вещества, такие, как:

- дистиллированная вода;
- смесь дистиллированной воды с этиловым спиртом и аммиаком (NH_3);
- смесь NH_4Cl с тальком и 25% р-ром NH_3 (1:4:4) (от пятен $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$);
- слабые растворы кислот HCl , H_2SO_4 (от пятен ржавчины на корродированном металле), HF (иногда NH_4F), паста цитрата натрия или аммония (от пятен ржавчины на мраморе);
 - слабый раствор NH_3 и 6% р-р H_2O_2 (против очагов плесени);
 - H_2O_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, KMnO_4 , NaClO или KClO в присутствии H_2SO_4 или NaNO_3 или KNO_3 в присутствии H_2SO_4 (для отбеливания и антисептирования);
 - Растворы аммиака, трилона Б, соды (для отбеливания и очистки предметов ДПИ из дерева и изделий на бумажной основе);
 - трилон Б, NH_4HCO_3 , NaHCO_3 , H_3PO_4 , HF (для очистки изделий из камня) и другие.

К низкомолекулярным органическим веществам относятся, например, растворители, речь о которых пойдет ниже.

⁴ Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. Санкт-Петербург : Изд-во Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 127.

Высокомолекулярные соединения классифицируются по происхождению на:

- природные;
- искусственные;
- синтетические.

Природные высокомолекулярные соединения (ВМС) получают из природного сырья. Примерами природных ВМС являются целлюлоза, животные белковые соединения.

Искусственные ВМС – природные высокомолекулярные соединения, прошедшие химическую модификацию. Например, производные целлюлозы.

Синтетические ВМС – высокомолекулярные соединения, полученные путем проведения химических реакций. Например, поливинилацетат, поливиниловый спирт, поливинилбутираль, акриловые смолы⁵.

Для наиболее полного понимания изучаемой дисциплины представляется важным наиболее полно рассмотреть классификацию реставрационных материалов, представленную на рис. 2.



Рисунок 2. Классификация реставрационных материалов⁶

⁵ Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 12–15.

⁶ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордопина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 12–13.

Итак, материалы для реставрации живописи и предметов ДПИ можно квалифицировать: в зависимости от происхождения и химического состава на следующие группы:

Природные материалы, которые наиболее часто используются в качестве клеевых составов, подразделяются на:

Клеи животного происхождения, включая глютиновые, казеиновые и белки куриного яйца. Глютиновые клеи основаны на белке (коллаген), к которым относятся костный, кожный, рыбий клеи и желатин. Казеиновые клеи, в свою очередь, содержат казеин, который является основным белковым компонентом молока. Химическая база казеина представлена фосфопротеидами. Органическую эмульсию куриного желтка составляют жиры и белки, витамины А, Б, Д. Минеральную основу составляют фосфорная кислота и различные элементы – кальций, магний, хлор и т. д.

Клеи, получаемые из растительных источников, включают камедь и отвары злаков. Камедь представляет собой затвердевший сок деревьев и кустарников. Химически она состоит из калиевых, кальциевых и магниевых солей арабиновой кислоты. В области реставрации камедь применяется в качестве связующего вещества для акварельных красок. К отварам злаков можно отнести *мучной клей* и *крахмальный клейстер*. В целом, адгезивы растительного происхождения в основном классифицируются как углеводы⁷. Например, в последнее время в литературных источниках в том числе встречаются упоминания об использовании такого материала для реставрации живописи как фунори. *Фунори* – это природный полисахарид, получаемый из водорослей, который в настоящее время применяется в качестве укрепляющего состава для различных предметов искусства, включая красочный слой масляной живописи на холсте.

К природным реставрационным материалам также относятся восково-смоляные композиции, которые состоят из пчелиного воска и различных природных смол, таких как канифоль, даммара, шеллак, мастике и др. В ассортименте синтетических материалов можно встретить не только клеи, но и синтетические грунты, защитные покрытия, холсты и финишные композиции. Основные классы соединений, которые активно применяются в реставрационной практике⁸:

- полимеры на основе винилацетата и его сополимеры с этиленом;
- полиспирты и полиамиды;
- полимеры и сополимеры на основе бутилакрилата и бутилметакрилата;

⁷ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999 С. 11.

⁸ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы : терминологический словарь-справочник. 2-е изд. Москва : Изд-во Р. Валент, 2013. С. 66–69.

- кремнийорганические олигомеры и полимеры;
- фторсодержащие олигомеры;
- эпоксидные смолы;
- полиуретаны.

Полимеры – соединения, которые характеризуются молекулярной массой от нескольких тысяч до многих миллионов и наличием большого количества повторяющихся мономерных звеньев одинакового состава, соединенных между собой химическими связями, например, полиэтилен: $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$. Сополимеры – полимеры, содержащие звенья различного химического строения, например, СВЭД: $[-(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3)-)]_n$.

Олигомеры – химические соединения, занимающие по величине молекулярной массы промежуточное состояние между мономерами и полимерами. Их молекулярная масса (м. м.) колеблется от сотен до нескольких тысяч единиц. Олигомеры часто называют смолами, например, кремнийорганические смолы, эпоксидные смолы и т. д. Все эти полимеры и олигомеры применяются в виде разбавленных растворов или дисперсий, поэтому необходимо ввести определение тех и других.

Растворы – однородные гомогенные смеси, в которых одним из компонентов является жидкость. Жидкий компонент называется растворителем. Реставрационные материалы, как правило, представляют собой разбавленные растворы природных или синтетических полимеров и олигомеров в воде или в органических растворителях. Растворы характеризуются концентрацией, то есть содержанием сухого вещества, и вязкостью, которая зависит, во-первых, от концентрации и, во-вторых, от строения и молекулярной массы растворенного вещества и растворителя.

Дисперсии – гетерогенные системы, состоящие из двух фаз с развитой поверхностью раздела между ними. Одна из фаз – сплошная – называется дисперсионной средой, другая распределена в первой и называется дисперсной. Фазы не смешиваются, благодаря наличию специального вещества, называемого эмульгатором. В отличие от растворов, для характеристики дисперсий, помимо концентрации и вязкости, используют понятие размера частиц – по этому параметру дисперсии подразделяют на тонко дисперсные и грубо дисперсные. Дисперсии подразделяются на суспензии (твёрдое вещество – жидкость) и эмульсии (жидкость – жидкость)⁹.

Пленки – сформированные из растворов или дисперсий, характеризуются определенными физико-механическими свойствами. Для реставраторов представляют интерес такие свойства, как прочность, эластичность, твёрдость, сопротивление отслаиванию или сдвигу (величина адгезии). В неко-

⁹ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999. С. 55.

торых случаях необходимо знать такие характеристики полимерных пленок, как величина усадки, возникающей при сушке, водостойкость, атмосферостойкость, биостойкость, паропроницаемость, степень блеска и др.

По *реставрационным операциям*, которые в свою очередь делятся на:

- *основные* (те, с помощью которых осуществляется реставрационный процесс; они находятся в постоянном контакте с авторским материалом. Например: адгезивы, консолиданты и т. д.)

- *вспомогательные* (с помощью которых осуществляются реставрационные операции, они находятся в контакте с авторским материалом временно. Например, любые виды бумаги при проведении укрепления, пленки, растворители, составы и т.д.).

В классификации реставрационных материалов в зависимости от вида повреждений и степени сохранности конкретного реставрируемого объекта¹⁰ рассматриваются основные виды повреждений объектов и основные реставрационные материалы для удаления этих повреждений, которые будут зависеть от степени сохранности объекта, а также от материала, из которого выполнен памятник.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите основные требования к реставрационным материалам.
2. Назовите неорганические соединения, применяемые в реставрации, для чего они используются.
3. Какие низкомолекулярные и высокомолекулярные соединения вы знаете? Приведите примеры.
4. Дайте определения основным видам реставрационных материалов.
5. По каким признакам можно классифицировать реставрационные материалы?
6. Какие виды реставрационных материалов по происхождению вы знаете? Приведите примеры.
7. Какие виды реставрационных материалов по виду повреждения и типу реставрационных операций вы можете назвать? Приведите примеры.

¹⁰ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 12.

Глава 2. Природные реставрационные материалы

На протяжении многих десятилетий реставраторы пользовались только природными материалами, представленными на рис. 3.

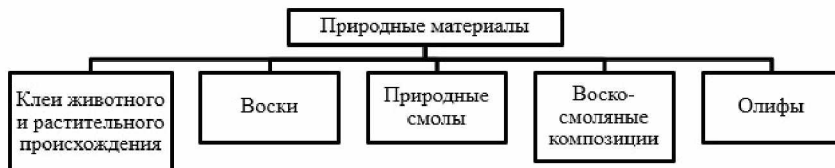


Рисунок 3. Природные материалы, используемые в реставрационной практике¹¹

На сегодняшний день они также активно используются современными реставраторами.

Несмотря на очевидное преимущество природных материалов, к их применению необходимо подходить с осторожностью: они могут привести к появлению новых разрушений, так как любое реставрационное вмешательство в произведение искусства, даже с применением схожих с авторскими материалами веществ, является инородным. Поэтому, наряду с материалами природного происхождения, в настоящее время могут применяться и различные синтетические материалы.

2.1 Глютиновые клеи

По химическому составу глютиновые клеи представляют собой водные растворы белка – коллагена (его полимерная молекула состоит из более чем 20 аминокислот). В зависимости от происхождения этого белка химический состав.

и свойства коллагена существенно различаются. В нижеприведенной таблице показано, что, хотя набор аминокислот для коллагенов разного происхождения один и тот же, их соотношение различно, отличается также и их расположения в полимерной цепи¹².

В реставрации станковой живописи глютиновые клеи являются традиционными и наиболее популярными природными адгезивами, состав и свойства которых представлены в табл. 2.

¹¹ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999. С. 10–12.

¹² Там же. С. 13.

Таблица 2. Состав и свойства глютиновых клеев¹³

Глютиновые клеи		
Виды	Состав	Свойства+/-
1. Костный клей; 2. Мездровый (получают из кожи телят, костей и сухожилий крупнорогатого скота); 3. Рыбий клей (осетровый клей – добывается из кожи плавательных пузырей рыб); 4. Желатин.	Водный раствор белка коллагена, молекула которого состоит из 20 аминокислот	+ Высокая адгезия; + Стабильность; – Гидрофильность (способность хорошо впитывать воду → приводит к набуханию пленок → хрупкость пленок); – Высокая подверженность биологическим повреждениям.

Среди рыбьих клеев наиболее распространен осетровый клей: его преимущество заключается в его высоких клеящих способностях. Твердый белок глютиновых клеев набухает в холодной воде, однако если клей нагреть до 40°C, коллаген преобразуется в желатину – вещество, полностью растворимое в воде

В виде раствора желатина клей может находиться только при температуре выше 40°C и концентрации ниже 0,1%. В ином случае, если концентрация будет выше, а температура более низкой, то раствор загустеет¹⁴. При этом нагревать клеи животного происхождения выше 40°C нельзя, так как при высоких температурах происходит денатурация белка, что приводит к потере клеящих свойств.

В зависимости от происхождения и технологии приготовления глютинового клея, его клеящие способности и качество реставрации может быть разным.

Примеры применения клея с различными концентрациями приведены в табл. 3.

Таблица 3. Применение клеев различных концентраций для реставрационных работ¹⁵

Концентрация раствора осетрового клея	Область применения
8 – 10%	для подклейки отслаивающегося красочного слоя на деревянной основе и холсте, а также, подклейки позолоты; при дублировании авторского слоя на новую основу
2 – 4%	используют в качестве пропитывающего материала для укрепления грунтов и красочных слоев

И в первом, и во втором случае клей подогревается до температуры 28°C на водяной бане. Затем раствор клея подводят через реставрационную бумагу (микалентная, папиросная), а по месту склейки проходят утюжком, разо-

¹³ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М.: РИО ГосНИИР, 1999. С. 12–16.

¹⁴ Реставрационные материалы: курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордюшина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М.: Изд-во Индрик, 2022. С. 21.

¹⁵ Там же. С. 27.

гретым на водяной бане до 50–60°С. Благодаря этому, вязкость клея уменьшается, и он проникает на максимально возможную глубину укрепляемого участка. Если не соблюдать такую технологию, то есть возможность появления усадок и кракелюра на укрепленном участке.

Высыхание пленки протекает за счет физических процессов (испарение воды), при этом важно, чтобы укрепляемый участок находился под постоянным прессом.

Следует помнить, что сама по себе пленка клея очень жесткая, поэтому в его состав вводят пластификатор (чаще всего – пчелиный мед). Для защиты от биологических повреждений в осетровый клей добавляют антисептик.

Области применения глютиновых клеев¹⁶ :

1. В станковой темперной живописи (наложение профилактических заклеек, укрепление красочного слоя, подклейка грунта и паволоки к деревянной основе, укрепление грунта, в качестве связующего реставрационных грунтов для заделки трещин и отверстий)

2. В реставрации бумаги пергаментный клей используется для укрепления красочного слоя, заделки прорывов, наложения заплат;

Столярный или мездровый клей применяют для проклейки корешков книг, подклейки кожаных переплетов к доске или картону.

3. В реставрации станковой масляной живописи (наложение профилактических заклеек, укрепление красочного слоя, подклейка кромок к новому холсту, дублирование картин на новую основу, в качестве связующего для реставрационных грунтов)

4. Костный, мездровый и рыбий клей также применяют при реставрации предметов декоративно-прикладного искусства из дерева.

Состав коллагенов различного происхождения приведен в табл. 4.

Таблица 4. Аминокислотный состав коллагенов¹⁷.

Состав коллагенов различного происхождения				
Аминокислоты	Число остатков на 1000 аминокислот			
	Кожа быка	Кожа рыбы	Плавательный пузырь	Кости быка
Лизин	25,7	24,2	21,8	26,2
Оксилизин	6,6	5,3	10,7	6,4
Гистидин	4,3	5,1	4,8	5,8
Аргинин	44,7	51,0	52,4	49,0
Аспагиновая кислота	49,4	48,6	47,5	49,8
Глутаминовая кислота	71,5	78,9	70,5	75,9
Аммиак	(44)	(46,8)	(41)	(41,8)
Пролин	118,6	126,0	102,2	118,8
Оксипролин	92,6	73,1	82,0	100,8

¹⁶ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999 С.21.

¹⁷ Там же. С. 14.

Серин	38,4	43,7	50,5	37,8
Треонин	18,0	26,1	29,2	19,7
Глицин	335,0	311,0	337,0	314,0
Аланин	109,7	128,0	118,9	109,7
Валин	19,9	21,3	18,0	21,2
Метионин	6,2	4,0	8,8	5,1
Изолейцин	13,5	12,2	11,4	12,3
Тирозин	5,1	1,1	2,4	2,9
Фенилаланин	13,4	15,3	14,1	16,3
Азот	18,6	18,2	18,5	18,3
Лейцин	26,9	25,2	17,7	27,9

В таблице 5 показан аминокислотный состав коллагена, полученного из кожи быка. В таблице видно, что каждая кислота содержит свою специфическую полярную группу. Взаимодействие этих групп друг с другом приводит к тому, что молекулы коллагена формируют пространственную структуру в виде тройной спирали. Полярные группы в результате электростатического взаимодействия образуют связи, удерживающие молекулярные цепи в свернутом в спираль виде.

Таблица 5. Аминокислотный состав белка коллагена, полученный из кожи быка¹⁸

Аминокислота	% вес	Число остатков на 1000	Функциональные группы
Лизин	3,4	24,8	NH ₃ ⁺
Оксилизин	0,81	5,2	NH ₃ ⁺
Гистидин	0,7	4,8	NH-
Аргинин	7,98	47,9	NH-, NH ₂ ⁺
Аспагиновая кислота	5,81	47,3	OH-C=O
Глутминовая кислота	9,93	72,1	OH-C=O
Аммиак	0,74	41,8	-NH ₂ -C=O
Пролин	13,36	129	-NH-, -C=O, -OH, -C=O, -CH-NH-
Серин	3,64	39,2	HO-CH ₂ ⁺
Треонин	1,79	16,6	-OH
Глицин	20,51	336,5	NH ₂ ⁺
Аланин	8,09	106,6	CH ₃ ⁺
Валин	2,06	19,5	(CH ₃) ₂ CH-
Метионин	0,55	3,9	-S-
Изолейцин	1,37	11,3	CH-
Лейцин	2,89	24,0	CH ₂ ⁺
Тирозин	0,8	4,6	-OH
Фенилаланин	1,79	12,6	CH ₂ ⁺
Цистеин	0,00	0,0	HS-
Глюкозамин	0,00	0,0	-CH ₂ OH, -OH, H ₂
Гексоза	0,39	2,1	OH-, -CH ₂ OH

¹⁸ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999 С. 16.

Основные свойства глютиновых клеев:

1. Повышенная гидрофильность
2. Высокая адгезия
3. Уникальная стабильность

Твердый коллаген набухает в холодной воде, а при нагревании до 40°C тройная спираль распадается на три независимые цепочки (называемой желатиной), распад которой может протекать по трем вариантам и поэтому молекулярная масса (м.м.) и свойства желатины могут существенно различаться. Распад может произойти на три, две, одну цепи. В этом и состоит процесс варки клея, чтоб изменить конформацию молекулы коллагена.

Осетровый клей – это материал, который с большим успехом был включен в практику реставрации в РФ и в странах Восточной Европы, поскольку он обладает всеми необходимыми свойствами.

Кроличий клей – это материал с более низкой стоимостью и большей доступностью; в Европе и за рубежом его часто используют в реставрации, а в РФ до сих пор его использование в качестве замены осетрового клея – спорный вопрос.

В РФ осетровый клей является главным материалом в отечественной практике для различных процессов реставрации картин и икон, а также других видов предметов искусства. В различных учебных пособиях и книгах, посвященных реставрации, содержится информация об этом материале, его подготовке, обработке и сохранении, которые не сильно изменились с течением времени, потому что современные реставраторы предпочитают традиционные методы и материалы.

Осетровый клей демонстрирует более чувствительную реакцию на температурные изменения по сравнению с пергаментным и кожным клеем. Нагревание до 100°C приводит к линейной усадке во всех типах клея. При этом коэффициент линейного термического расширения для каждого из них различен: $1,2 \cdot 10^{-4}$ для осетрового клея, $5,2 \cdot 10^{-4}$ для кожного и $4,2 \cdot 10^{-5}$ для пергаментного. Под воздействием тепла, например, при глажке тёплым утюгом, плёнки осетрового клея сильнее всего подвергаются термическим усадкам, в то время как пергаментный клей сокращается наименьше. Вследствие изменения экономической ситуации и трудностей в получении осетрового клея, для укрепления красочного слоя и грунтов станковой темперной и масляной живописи в настоящее время всё чаще применяются *пищевой желатин, фотожелатин, а также мездровый и кроличий клеи*¹⁹.

¹⁹ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 28

Желатин, мездровый, столярный и казеиновый клеи – природные материалы, промышленного выпуска – служат для склейки деревянной основы картин, создания композиций для восстановления поврежденных досок и заполнения отверстий от гвоздей, а также для соединения элементов мебели, деревянных скульптур и изделий декоративно-прикладного искусства из дерева. Хотя все перечисленные природные клеи демонстрируют высокие адгезионные характеристики, их применение в реставрационных работах существенно ограничивается рядом недостатков. К наиболее значимым из них относятся низкая устойчивость к биологическому воздействию и склонность к усадке. Постоянные перепады влажности, которым подвергаются склеенные объекты, приводят к накоплению внутренних напряжений в клеящей пленке. Эти напряжения могут не только нарушить адгезионную связь, но и спровоцировать разрушение реставрируемого материала. Эффективность глютиновых клеев, а, следовательно, и качество реставрации, напрямую связаны с исходным коллагеном и технологией варки клея.

Глютиновые клеи обладают низкими деформационными характеристиками, что обуславливает их уязвимость при колебаниях влажности. При контакте с влагой молекулы воды проникают в свободное пространство клея, словно раздвигая витки спирали, что приводит к увеличению его объема, то есть клей набухает. Уменьшение объема при испарении влаги не приводит к возвращению полярных групп в исходное положение. Жесткость молекулы препятствует этому, создавая внутренние напряжения. При превышении этих напряжений над силой адгезии происходит разрыв по клеевому шву, а при сравнимости этих величин – растрескивание укрепленного участка. При одинаковом наборе аминокислот в молекулах коллагена, технические и эксплуатационные характеристики клеев оказываются существенно различаются в зависимости от материала, из которого приготовлен клей²⁰.

В реставрации помимо клеев животного происхождения применяются и клеи растительного происхождения. К примеру, камеди, получаемые из затвердевшего сока, выделяющегося из поврежденных участков коры деревьев и кустарников, также нашли свое применение. Их уникальная особенность – способность набухать в воде, что приводит к образованию гелей и клейких растворов. В сфере комедийного искусства наиболее популярны гуммиарабик, камеди из вишни и персика и другие подобные вещества. В реставрации камеди применяются ограниченно, чаще всего выступая в роли связующего элемента при создании акварельных красок²¹.

²⁰ Реставрационные материалы... С. 26.

²¹ Реставрационные материалы... С. 15.

К клеям растительного происхождения относится также пшеничный клей (клейстер). Он имеет хорошие клеящие способности (адгезию), однако данный клей сильно подвержен биологическим воздействиям, поэтому его применение весьма ограничено. В последнее время в литературных источниках в том числе встречаются упоминания об использовании такого материала для реставрации как фунори. Фунори – это природный полисахарид, получаемый из водорослей, который в настоящее время применяется в качестве укрепляющего состава для различных предметов искусства, включая красочный слой масляной живописи на холсте.

2.1.1 Использование природных белковых веществ в красках

Натуральные белки, являясь одними из первых высокомолекулярных соединений, применявшихся в красках в давние времена, ныне почти полностью заменены синтетическими аналогами в лакокрасочной промышленности. Благодаря своей водорастворимости, они широко использовались для создания строительных красок и художественных темперных красок, например, на основе яичного протеина. Самыми популярными из них были казеин и животный клей (столярный). Казеин, являясь фосфорпротеином, содержит фосфорсодержащую аминокислоту серин в своем составе. Это белок, обладающий амфотерными свойствами, то есть он является полиамфолитом (амфотерным полиэлектролитом) благодаря наличию как кислотных (COOH), так и основных (NH) функциональных групп. Преобладание кислотных свойств казеина обуславливает его изоэлектрическую точку, которая расположена приблизительно в районе pH 4,6.

Казеин, составляющий около 4% коровьего молока, получают путем коагуляции обезжиренного молока и его последующего высушивания. Полученный таким образом казеин, с молекулярной массой приблизительно 9000, обладает способностью растворяться в разбавленных кислотных и щелочных растворах. Именно это свойство сделало его ценным компонентом для создания водных красок, где он выполнял функцию пленкообразователя. Строительные краски, основанные на казеине, часто содержали значительное количество недорогих наполнителей, таких как мел и известь. При смешивании казеина с суспензией гашеной извести в водной среде образуются основные водорастворимые соли. После высухания краски на штукатурной поверхности, основная соль казеина преобразуется в среднюю соль, которая уже не растворима в воде²². Такие казеиновые составы также находят применение в качестве лаков для кожи. При тем-

²² Гренберг Ю. И. Технология станковой живописи. История и исследование : учебное пособие для СПО. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург. : Изд-во Планета музыки, 2025. С. 45–46.

пературе около 80°C лакированная кожа подвергается сушке, в результате чего происходит денатурация белка, а казеин утрачивает растворимость, переходя в нерастворимое состояние. Широкое использование казеина в технических целях ограничено тем фактом, что он извлекается из пищевых продуктов.

Животный клей, изготавливаемый из костей и шкур животных, преимущественно состоит из коллагена, который, как и сам клей, обладает амфотерными свойствами. Его нейтральная точка находится в области pH 4,7. Этот животный клей выступает ключевым компонентом в составе клеевых строительных красок. Для достижения наилучшего результата перед нанесением клеевых красок штукатурная поверхность обрабатывается специальным раствором, содержащим медный купорос, мыло и небольшое количество животного клея. Когда вода испаряется, натриевая соль органических кислот (мыло) превращается в нерастворимую медную соль, создавая изолирующую пленку, которая блокирует проникновение клеевого раствора в подложку. На этой пленке и наносятся клеевые краски. Краски и покрытия, содержащие белки, служат благоприятной средой для развития плесени. Чтобы предотвратить ее размножение, в краски добавляют различные биоцидные компоненты.

2.2 Воски, смолы и воско-смоляные композиции

Химически *воски* представляют собой сложные эфиры, образованные жирными кислотами и спиртами с одним или двумя атомами углерода. Они могут быть животного, растительного или минерального происхождения. Большинство восков обладают аморфной структурой, плавятся в температурном диапазоне от 35 до 100°C и растворяются в большинстве органических растворителей. Подробности о составе и свойствах восков представлены в таблице 6. В реставрационных работах применяется исключительно пчелиный воск, который содержит примеси медовой массы и растительной пыльцы.

Перед созданием воско-смоляных композиций необходимо очистить воск от примесей, промыв его водой²³. После очистки пчелиный воск размягчается при температуре 30–40°C, а при 61–63°C он плавится. Восковые составы отличаются высокой стойкостью, их химический состав сохраняется неизменным на протяжении веков. Однако они склонны к кристаллизации при понижении температуры, что влечет за собой изменение физических свойств воска и потерю его адгезивных качеств.

²³ Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 71–72.

Таблица 6. Состав и свойства восков²⁴

Название	Химический состав	Температура плавления, °С	Растворители
Карнаубский воск – получают из листьев бразильской восковой пальмы.	Содержит более 80% эфиров жирных кислот и высших спиртов.	84-86	Хлороформ, бензин
Ланолин – желтая мазеобразная масса. Получают экстракцией из шерсти овец, применяется в косметической промышленности.	Содержит смесь диэфиров	35-37	Бензол, хлороформ, эфиры
Парафин – получают из нефти.	Смесь предельных углеводородов C ₁₈ – C ₅₅	65-100	Бензин, керосин, бензол, хлороформ.
Пчелиный воск – получают из пчелиных сот.	Содержит около 72% эфиров высших жирных кислот и высших спиртов, до 13,5% свободных кислот 12-12,5% углеводородов.	62-70	Хлороформ, бензин, четыреххлористый углерод, пинен, скипидар. Плохо растворяется в спирте
Спермацет – получают из спермацетового жира при переработке китов. Применяется в качестве смягчающего препарата при реставрации переплетов.	Кристаллический воск.	43-54	Эфир, ацетон, трихлорэтилен, горячий этанол.
Церезин – получают из озокерита, петролатума, парафиновых пробок.	Смесь предельных углеводородов C ₃₅ -C ₅₅ .	65-88	Бензол
Озокерит – горный воск, добывающийся в разломах и трещинах горных пород.	Содержит парафиновые углеводороды	65-100	Бензин, бензол, керосин, хлороформ.

Смолы – это твердые, аморфные вещества, нерастворимые в воде, но хорошо растворимые в полярных и ароматических органических жидкостях (см. табл. 7). При нагревании они становятся мягкими в температурном диапазоне от 55 до 100°С, а при более высоких температурах (80–190°С) плавятся.

²⁴ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 40.

Таблица 7. Состав и свойства смол²⁵

Название	Кислотное число	Температура размягчения, °С	Температура плавления °С	Растворители
Даммара – содержится в растениях вида даммара, рода <i>Schorea</i> , семейства араукариевых, произрастающих на островах Малазийского архипелага. Благодаря низкому содержанию кислот менее склонна к пожелтению, низкая влагостойкость, мутнеет при влаге и старении	20-30	75-80	85-100	α – даммара – этиловый спирт, β – даммара – скипидар, пинен, ацетон
Канифоль – содержится в древесине сосны, ели, кедра, лиственницы. Имеет низкую влагостойкость, повышенную хрупкость	150-175	45-75	100-140	Скипидар, пинен, ацетон, этиловый эфир, абсолютный спирт, бензол. Хуже в бензине, керосине
Мастикс – содержится в мастиковом дереве семейства сумаховых <i>Pistacia lentiscus</i> , произрастающем в Греции, Индии, Южной Америке. В результате старения смола желтеет и коричневеет, становится хрупкой, от влаги мутнеет и разрушается	50-75		90-95	Скипидар, пинен, этиловый спирт, ацетон. Частично в петролейном эфире
Мягкий копал «Каури»		75-80	111-140	В маслах при нагревании, в органических растворителях.

²⁵ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 40.

<p>Сандарак – бесцветная или светло-желтая душистая смола. Получается из коры сандаракового дерева или каллитриса <i>Tetraclinis articulata</i> из семейства кипарисовых, произрастающих в Северной Африке. Сандарак имеет вид желтоватых с белым или буrowатым налетом хрупких зерен, комочков, палочек</p>	117-155	100-130		В низших спиртах
<p>Шеллак – смола, выделяемая молодыми побегами некоторых растений при участии лаковых червецов. Представляет собой тонкие хрупкие чешуйки от светло-желтого до коричневого цвета. Дают хрупкую пленку, при старении на свету быстро желтеют, более влагостойкие</p>	55-75	77-85		Частично в спирте

На протяжении веков производство лакокрасочных материалов опира-лось исключительно на *растительные масла и природные смолы*. В зависи-мости от происхождения, природные смолы можно разделить на три класса, физические и химические характеристики которых представлены в таблице 1 (Приложение 1): «молодые» или «свежие» смолы, добываемые непосред-ственно с деревьев; полuscoпаемые смолы, обнаруженные в почве, залега-ющей между корнями деревьев; ископаемые смолы, являющиеся продукта-ми жизнедеятельности древних деревьев²⁶.

Жилица, сок хвойных деревьев, богата канифолью. *Канифоль* предст-авляет собой хрупкую пленку, которая при длительном воздействии солнечного света быстро желтеет. Она обладает повышенной влагостойкостью, а ее состав включает соединения, содержащие карбоксильные группы и ненасыщенные связи. Канифоль хорошо растворяется в широком спектре органических рас-творителей, таких как спирты, эфиры, ароматические и нефтяные углеводо-роды. Она совместима с растительными маслами, но не растворяется в воде.

²⁶ Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 17.

Химически *канифоль* представляет собой смесь изомеров циклической одноосновной кислоты с формулой $C_{19}H_{29}COOH$, в основном абиетиновой, левопимаровой и декстропимаровой²⁷. Эти кислоты канифоли обладают полифункциональностью и несут в себе ненасыщенные связи, растворимы в органических растворителях и маслах при нагревании.

Промышленность использует различные методы для получения канифоли. Канифоль можно извлечь из *живицы*, выделяемой из специально сделанных надрезов на живых хвойных деревьях. В составе живицы около 30% приходится на канифоль, а остальное – на скипидар. Для получения канифоли живицу подвергают процессу отгонки скипидара, в результате чего остается канифоль, которую именуют подсочной.

Альтернативным исходным материалом для производства канифоли служат осмолившиеся пни вырубок старых хвойных деревьев. Канифоль изготавливают путем экстракции ее из щепы органическим растворителем. Полученный экстракт фильтруют, удаляя легколетучие компоненты (растворитель, скипидар), после чего остающаяся канифоль подвергается дальнейшей обработке. Канифоль, полученная таким методом (экстракционная канифоль), по своим качествам уступает подсочной канифоли.

Получение канифоли возможно и из *таллового масла*, являющегося отходом целлюлозно-бумажной промышленности. В его составе содержится до 50% канифоли, которая извлекается посредством вакуум-разгонки или отгонки с водяным паром. Натриевые соли канифоли ($C_{19}H_{29}COONa$) можно получить путем обработки водным раствором гидроксида натрия отходов лесопереработки. В результате образуются соли кислот канифоли, растворяющиеся в воде и применяемые, преимущественно, для получения осажденных резинатов. Однако, из-за своих свойств – высокой хрупкости, низкой температуры размягчения и очень высокого кислотного числа – канифоль в чистом виде редко используется как самостоятельный компонент для создания пленок. Этот компонент используется в качестве модификатора для синтетических олигомеров, таких как алкидные и фенолоформальдегидные, а также для производства продуктов ее переработки, которые служат добавками к широкому спектру материалов.

Эфиры канифоли

Эфиры канифоли производятся путем этерификации канифоли многоатомными спиртами, такими как глицерин и пентаэритрит, для создания материалов с более высокой температурой плавления и существенно меньшим кислотным числом по сравнению с исходной канифолью²⁸.

²⁷ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 38.

²⁸ Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодр Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. Москва : Изд-во Химия, 1989. С. 428.

Глицериновый эфир обладает температурой плавления 70–77°C, а пентаэритритовый – 95–100°C. Эти эфиры канифоли демонстрируют хорошую растворимость в уайт-спирите, ароматических углеводородах и совместимость с маслами и некоторыми другими веществами, образующими пленки. Эти эфиры служат для создания масляных лаков, повышая их твердость, блеск и устойчивость к воздействию атмосферы. Также эфиры канифоли применяются в качестве добавок к нитролакам, придавая покрытиям на их основе повышенную адгезию, блеск и твердость²⁹.

Резинаты – соли кислот канифоли. Для их получения обычно применяют оксиды или гидроксиды двухвалентных металлов (ZnO, CaO и др.). Соли кислот канифоли (резинаты) обладают более высокой температурой размягчения, чем сама канифоль. В частности, температура размягчения резината кальция 120 – 130 °С. *Резинат кальция* часто вводят в пленкообразующие на основе растительных масел с целью повышения их твердости. Наибольшее применение в лакокрасочной промышленности резинаты находят в качестве сиккативов.

Другие производные канифоли. Стойкость канифоли к атмосферным воздействиям заметно повышается в результате ее гидрирования. Гидрированную канифоль используют для получения эфиров канифоли и модификации алкидов. Весьма ограниченное применение находят продукты окисления и декарбосилирования канифоли – окисленная канифоль (винсол) и декарбосилированная канифоль (канифольное масло). Таким образом, канифоль и ее производные используются главным образом как добавки к различным природным и синтетическим пленкообразователям, способствующие усилению блеска, твердости, адгезии и других показателей покрытий³⁰. Однако эти добавки нередко могут ухудшать атмосферостойкость покрытий.

Сандарак – это бесцветная или светло-желтая смола с приятным ароматом. Сандарак получают из коры дерева сандаракового или каллитриса *Tetraclinis*, который принадлежит к семейству кипарисовых и произрастает в Северной Африке. Сандарак имеет вид мелких, хрупких фрагментов желтоватого цвета с белым или буроватым оттенком, напоминающих зерна, комочки или палочки.

Этот продукт также состоит из эфиров, кислот и спиртов. Хорошими растворителями для сандарака являются спирты, эфиры и скипидар. На основе сандарака готовят спиртовые лаки для лакирования струнных музыкальных инструментов, литографий, бумаги и др.³¹.

²⁹ Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. М. : Химия, 1989. С. 429–430.

³⁰ Там же. С. 430.

³¹ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 38.

Шеллак – это смола, выделяемая молодыми побегими определенных растений, при этом в процессе ее образования участвуют лаковые червецы, (щитовки *Tachardia lacca*), которые паразитируют на деревьях, в основном в Индии и Таиланде. Из этих выделений извлекается твердая смола, которая кристаллизуется в виде тонких непрозрачных пластинок. Ее молекулярная масса составляет от 965 до 1100, и она преимущественно состоит из соединений жирных оксикислот с таннолами. Шеллак представляет собой тонкие, хрупкие чешуйки, окрас которых варьируется от светло-желтого до коричневого.

Состав шеллака формируют насыщенные гидроксикислоты, такие как шеллоновая $C_{13}H_{16}(OH)_2(COOH)_2$ и алейритиновая $CH_3(CH_2)_2-CH(OH)-(CH_2)_7-CH(OH)-COOH$, а также ненасыщенные кислоты. Помимо смоляного вещества (до 85%), в шеллаке присутствует воск, который выступает в качестве пластификатора. Шеллак характеризуется высокой твердостью, устойчивостью к износу, отличными адгезионными и электроизоляционными характеристиками, а также стойкостью к воздействию ультрафиолетового излучения. Шеллак, благодаря своим пленкообразующим свойствам, является ценным компонентом спиртовых лаков и высококачественных политур, применяемых для отделки деревянных поверхностей. Содержание шеллака в политурах варьируется от 12% до 25%, в лаках же оно составляет 30–45%. Покрытия, созданные на основе шеллака, характеризуются высоким блеском, отличной механической прочностью и адгезией к широкому спектру оснований, включая металлические. Они легко полируются до зеркального блеска, однако не обладают достаточной водостойкостью и подвержены пожелтению при длительном контакте с водой. Улучшение водостойкости шеллаковых покрытий достигается путем модификации шеллака с помощью меламино- и фенолоформальдегидных олигомеров, полиизоцианатов и бутилтитанатов.

Копалы характеризуются высокой твердостью, способностью выдерживать высокие температуры плавления и малой растворимостью. В зависимости от места добычи, различают различные виды копалов, которые обладают уникальными свойствами.

Копалы, добытые из недр земли, содержат примеси породы и нуждаются в очистке и сортировке. Практически все копалы, за исключением самых низкоплавких, не взаимодействуют с этанолом. Для обеспечения совместности с маслами и растворимости в углеводородных растворителях копалы подвергают термообработке при температуре 280–400°C. Этот процесс сопровождается выделением летучих продуктов разложения, составляющих 10–30% от исходной массы.

Копалы с повышенной кислотностью могут быть этерифицированы глицерином, что приводит к образованию глицериновых эфиров. Кислотное

число этих эфиров составляет 8–12 мг КОН/г, и они растворяются в большинстве органических растворителей, за исключением этанола. Важно отметить, что в маслах глицериновые эфиры копалов растворяются при более низких температурах по сравнению с исходными копалами.

Копалы и их эфиры, совместно с высыхающими растительными маслами, используются для создания масляных лаков, отличающихся разной степенью жирности. Полученные таким образом лаки образуют прочные и устойчивые к атмосферным воздействиям покрытия. В прошлом копалы были незаменимым компонентом в производстве высококачественных масляных лаков. Однако в настоящее время они практически утратили свою актуальность, уступив место синтетическим пленкообразователям.

Янтарь по своим прочностным характеристикам и точке плавления превосходит даже самые высококачественные сорта копалов³².

Россия обладает значительными запасами янтаря, его добывают в Калининградской области и на Сахалине. Основным компонентом янтаря являются полиэфиры янтарной кислоты (70% и более), которые отвечают за его высокую твердость и устойчивость к плавлению до температур 175–180°C.

Для создания пленки чаще всего применяют отходы художественных промыслов, предварительно спрессованные и подвергнутые, подобно копалам, термообработке с удалением 20–30% (по массе) продуктов распада. Такая термообработка необходима для обеспечения совместимости янтаря с растительными маслами. Плавленый янтарь демонстрирует хорошую растворимость в ароматических углеводородах, уайт-спирите и скипидаре, однако его окрас более насыщенный, по сравнению с исходным янтарем. При этом, плавленый янтарь характеризуется более низкой температурой плавления (70–90°C) и имеет кислотное число порядка 20 мг КОН/г. В настоящее время янтарные лаки находят ограниченное применение в электроизоляционных покрытиях и как консервативные лаки. В прошлом янтарь широко использовался для создания масляных лаков, которые обеспечивали твердые, глянцевые и стойкие к атмосферным воздействиям и химическим агрессивным средам покрытия.

Составными частями даммары так же, как и шеллака, являются относительно высокомолекулярные эфиры, спирты и воски, последние плохо растворимы. Хорошими растворителями для даммары являются бензол и скипидар. Растворы даммары применяются для лакирования произведений живописи, фотографий, типографской печати, бумаги и др. Изготавливают такие лаки аналогично шеллачным.

³² Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 18

Воско-смоляные композиции

Процесс создания *воско-смоляных* композиций состоит из двух этапов. На первом этапе каждая составляющая растворяется по отдельности, а затем на втором этапе они соединяются в строго определенных пропорциях. То есть, путем сплавления воска и смолы, а также растворения в пинене, либо всей смеси, либо каждого компонента по отдельности.

Перед изобретением синтетических адгезивов воско-смоляные мастики являлись единственным средством, позволяющим надежно закрепить живопись на гладких поверхностях, что и обусловило их широкое применение реставраторами. Но позднее эксперименты выявили негативное воздействие воска на компоненты живописного произведения³³. В связи с этим на конференции ICOM в 1975 году было принято решение о неприемлемости использования воска в реставрации станковой масляной живописи. Несмотря на запрет на применение воско-смоляных композиций, в отдельных государствах, таких как Германия и Франция, данная технология сохранила свою актуальность. В России воско-смоляные мастики продолжают применяться при реставрации масляных стенописей.

Воско-смоляные композиции применяются в реставрации в очень исключительных случаях³⁴, так как они негативно влияют на авторский материал и являются необратимыми. Воск вступает в реакцию с элементами произведения: он может окрасить грунт, сделать холст более хрупким, изменить цвет, фактуру и в дальнейшем привести к разрушению красочного слоя.

В таблице 8 приведены соотношения компонентов воско-смоляных композиций, наиболее часто встречаемых в реставрации настенной масляной живописи. Соотношение компонентов может изменяться в зависимости от реставрационной ситуации.

Таблица 8. Состав воско-смоляных композиций, рекомендованных В. В. Филатовым для реставрации настенной живописи³⁵

Наименование компонентов	Содержание компонентов в смеси, г			
	1	2	3	4
Воск	100	60	100	100
Пинен	100	100	100	100
Канифоль	50-60	60		
Даммарный лак 30%			100	
Копаловый лак				100

³³ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы : терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 30–31.

³⁴ Там же. С. 31.

³⁵ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999 С. 32.

2.3. Растительные масла, олифы и масляные лаки

Растительные масла – это эфиры глицерина и жирных кислот.

К высыхающим маслам относятся те, в состав которых входят жирные кислоты с наличием двойных связей, например, льняное, ореховое, конопляное и маковое масла. Масла, не поддающиеся высыханию, характеризуются наличием в своем составе насыщенных жирных кислот без двойных связей (например, касторовое масло).

Полувсыхающие масла, в свою очередь, также содержат насыщенные кислоты, но в процессе химических реакций образуют двойные связи (такие как подсолнечное, рафинированное хлопковое и соевое). Невысыхающие масла состоят из насыщенных жирных кислот, не имеющих двойных связей (например, касторовое масло).

Олифы представляют собой жидкие вещества, способные образовывать пленки, получаемые из растительных масел. Эти прозрачные жидкости, окрашенные в оттенки от желтого до вишневого, высыхают на воздухе, формируя тонкий слой эластичной пленки, которая не растворима ни в воде, ни в органических растворителях.

Свойство *высыхания* олифы обусловлено химическими процессами полимеризации масла. В отличие от обычных растительных масел, которые сохнут медленно, для производства олифы применяют специальные высыхающие масла, например, льняное. Для ускорения процесса высыхания в состав олифы добавляют специальные ускорители, называемые *сиккативами*. Сиккативы представляют собой оксиды или соли металлов, которые растворяются в органических растворителях. Для получения натуральной льняной полимеризованной олифы по ГОСТ 7931-56 льняное масло нагревают до 275°C, добавляя сиккатив (примерно 4% от массы масла). Завершение процесса высыхания олифы без отслаивания должно произойти не позднее чем через 24 часа.

Производство натуральной льняной окисленной олифы схоже с процессом создания полимеризованной, однако в процессе варки через нее пропускается воздух в течение 4–4,5 часов. Температура масла при этом поднимается до 150–160°C, после чего добавляется сиккатив (2,5% от массы).

Олифа «Оксоль» также получается путем пропускания воздуха через нагретое до 160°C масло, но в ее состав дополнительно входят растворитель и сиккатив. Важно отметить, что олифа мутнеет при контакте с влагой и при охлаждении до температур ниже 0°C.

Процесс превращения олифы в твердую пленку включает в себя следующие стадии³⁶ :

³⁶ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013 С. 47–48.

1. Начальный индукционный период, характеризующийся незначительным изменением консистенции;
2. Высыхание от пыли, при котором жидкость трансформируется в гель;
3. Гель отверждается, становясь твердым;
4. Старение, сопровождающееся дальнейшим окислением.

В ходе окисления олифа поглощает кислород, что приводит к увеличению ее массы приблизительно на 12% от первоначальной. Желтый цвет олифы обусловлен наличием в ее химической структуре сопряженных связей. Изолированные связи превращаются в сопряженные в результате различных реакций изомеризации двойных связей. После отверждения олифа образует прочную, нерастворимую пленку благодаря своей трёхмерной структуре. Однако, эфирные связи в её химической структуре сохраняют способность пленки набухать в полярных растворителях, впитывать и пропускать влагу. При контакте с водой пленка олифы увеличивается в объёме.

Добавление пигментов оказывает влияние на скорость высыхания олифы³⁷. Такое поведение обусловлено тем, что металлы, являющиеся компонентами пигментов, способны как ускорять, так и замедлять процесс окисления.

Кроме того, пигменты оказывают влияние и на эффективность удаления олифы во время очистки. Стойкость пигментированных пленок олифы к воздействию различных растворителей варьируется.

Механизм старения пленок олифы

Процесс старения олифы характеризуется одновременным протеканием процессов структурирования и разрушения, причем характер этих изменений зависит от условий, в которых происходит старение – при освещении или в темноте³⁸. Например, под воздействием рассеянного света пленка олифы постепенно твердеет, приобретая легкий желтоватый оттенок, при этом разрушение ее протекает незначительно. В случае же прямого солнечного излучения пленка олифы быстро разрушается, становится липкой. Пленки, хранящиеся в темноте, подвергаются более быстрому пожелтению и увеличению липкости. В обычных условиях пленка олифы продолжает процесс затвердевания, который протекает медленно, с одновременным потемнением, снижением эластичности, увеличением хрупкости и ухудшением стойкости к механическим повреждениям (табл. 9).

³⁷ Там же. С. 49.

³⁸ Там же. С. 50.

Таблица 9. Старение пленок олифы³⁹

Изменения свойств пленки олифы в результате старения		
Условия старения олифы	Прочность при испытании на прямой удар, МПа	Гибкость, мм
Пленка исходной олифы	5	1
Состаренная пленка при переменной влажности от 40 до 100%, T = 60°C, облучение УФ и дуговой угольной лампой.	4	5
Состаренная в гидростате пленка при влажности 100% и T = 60°C в отсутствии света.	1	15

ГОСТ Р 51692–2000 «Олифы» классифицирует олифы по следующим критериям: масляные (*натуральные, оксоль, комбинированные*).

Масляные олифы образуются путем обработки препарированных растительных масел с добавлением сиккатива. Натуральные олифы, в свою очередь, состоят из полимеризованных или окислированных высыхающих масел, либо их смесей, дополненных сиккативом. Важно отметить, что натуральные олифы представляют собой масла, подвергшиеся частичной окислению или полимеризации (с добавлением сиккатива). Чтобы получить натуральные олифы, процесс полимеризации или окисления масел останавливают на ранней стадии.

Олифа оксоль представляет собой олифу, в состав которой входят окисленные высыхающие или полувсыхающие растительные масла, дополненные сиккативом и растворителем.

Комбинированные олифы, в свою очередь, состоят из смеси окисленных или термообработанных высыхающих и полувсыхающих масел, также с добавлением сиккатива и растворителей.

Синтетические олифы, такие как алкидные, образуются при взаимодействии полиолов с ненасыщенными жирными кислотами (пентолями).

Алкидные олифы, как правило, представляют собой концентраты, растворенные в уайт-спирите на 50%⁴⁰. Изменение характеристик пленки олифы со временем обусловлено процессом старения. Влияние старения на олифу можно проследить по показателям прочности при ударном испытании и гибкости. Исходная олифа демонстрирует прочность 5 МПа и гибкость 1 мм.

³⁹ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордюшина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 50.

⁴⁰ Там же. С. 44.

Изменения этих показателей наблюдаются в состаренной пленке, подвергнутой воздействию переменной влажности (40–100%), при температуре 60°C, а также облучению УФ- и дуговой угольной лампами. В условиях гидростата, при 100% влажности и температуре 60°C, без доступа света, состаривается пленка, содержащая жирные глифталы или пентафталы.

Композиционные олифы, являющиеся смесями продуктов переработки нефти и каменного угля с обработанными растительными маслами.

В лакокрасочной промышленности часто применяют термин «уплотненные олифы», которые представляют собой растворы в органических растворителях, преимущественно 50%-ные растворы в уайт-спирите, получаемые в результате глубокой оксидации или полимеризации масел. Вязкость таких растворов существенно превышает вязкость масел, применяемых в натуральных олифах (в 30–40 раз), и дополнительно они содержат сиккатив. К этой категории относятся олифы, например, типа «оксоль» (согласно классификации ГОСТ Р). На протяжении истории наибольшую популярность завоевали натуральные олифы и олифы типа «оксоль».

Основой формирования пленок лакокрасочных материалов, изготовленных на основе олиф, является окислительная полимеризация по двойным связям. Для достижения наилучшего качества олиф рекомендуется применять высыхающие масла или их комбинации с полувсыхающими. В состав таких смесей можно включать до 50% полувсыхающих масел. Качество образующихся лаковых пленок существенно определяется типом переработки используемого масла. Полимеризованные масла в составе олиф образуют пленки с повышенной устойчивостью к воде и атмосферным воздействиям, а окисленные масла – с лучшим блеском и адгезией. Пленки, изготовленные из натуральных олиф, обладают более высоким качеством по сравнению с пленками, созданными из уплотненных олиф. Тем не менее, свойства лаковых пленок на основе олиф, даже натуральных, в ряде параметров уступают пленкам, получаемым из синтетических пленкообразующих, например, алкидов. В результате, лаковые пленки, созданные на их основе, характеризуются меньшей прочностью, пониженной водостойкостью и более коротким сроком службы. Поэтому в настоящее время покрытия на основе олиф не используются.

Масляные лаки – это растворы, созданные путем смешивания масел (или продуктов их переработки) с пленкообразующими веществами в органических растворителях. Классификация масляных лаков осуществляется на основе типа пленкообразующего компонента, добавленного к маслу.

В результате этого различают лаки на основе смол растительного происхождения и продуктов их переработки, лаки с ископаемыми смолами, лаки с битумами и лаки с синтетическими олигомерами.

Среди масляных лаков первой группы наибольшую популярность завоевали лаки, изготовленные на основе эфиров канифоли, особенно глицериновых и пентаэритритовых. Покрытия, созданные с использованием таких лаков, характеризуются повышенной износостойкостью, блеском и устойчивостью к воздействию атмосферы. В качестве ископаемых смол для производства масляных лаков чаще всего применяют копалы и янтарь, что также придает лакам повышенную твердость и атмосферную стойкость. Масляные лаки, благодаря содержащимся в них битумам, обладают высокой устойчивостью к воде и кислотам. В их состав чаще всего входят фенольно-канифольные аддукты (искусственные копалы) – синтетические олигомеры конденсационного типа, которые сочетаются с маслами.

Для изготовления масляных лаков применяют как непрепарированные, так и полимеризованные масла. В зависимости от процентного соотношения масла в основе, различают *жирные, средние и тощие* масляные лаки. Процентное содержание масла в жирных, средних и тощих лаках равняется 75%, 55% и 30% соответственно (от общей массы пленкообразующей основы). Изменяя пропорции компонентов в лаковой смеси, можно настраивать характеристики получаемых лаковых покрытий. Образование покрытий на масляной основе происходит за счет двух ключевых механизмов: испарения растворителя и окислительной полимеризации, которая активизируется за счет двойных связей в триглицеридах растительных масел (для ускорения процесса формирования пленки в масляные лаки добавляют сиккативы). Уровень участия физических процессов в процессе высыхания лаков определяется их жирностью. Более быстро сохнущие тощие лаки, где доля физических процессов выше, образуют более хрупкие пленки, склонные к размягчению при нагревании.

Приготовление масляных лаков осуществляется двумя методами. *Первый метод* заключается в холодном смешивании растворов масла и второго компонента в органических растворителях, таких как уайт-спирит, сольвент нафта(нефрас) или скипидар.

Вторая методика соединения масла с другими пленкообразующими веществами заключается в нагреве их до 270–290°С в течение нескольких часов до получения однородной массы с необходимой вязкостью, после чего масса растворяется в растворителе. Этот способ, известный как «горячее смешение», предпочтительнее, так как при прочих равных условиях он дает пленки с более высокими характеристиками и поэтому используется более широко. Холодное смешение применяется реже⁴¹.

⁴¹ Гренберг Ю. И. Технология станковой живописи. История и исследование : учебное пособие для СПО. СПб. : Планета музыки, 2025. С. 48.

2.4 Сиккативы

Ускорители процесса окислительной полимеризации – сиккативы представляют собой растворимые в маслах соли некоторых тяжелых металлов и одноосновных органических кислот общей формулы⁴²



где Me – металл (Co, Mn, Pb, Ca, Zn, Fe, V и др.);

R. – алифатический или алициклический радикал;

x – валентность металла.

Применение соединений различных металлов для ускорения процесса пленкообразования маслосодержащих систем известно еще со времен цивилизаций Древнего Египта. В настоящее время сиккативы, не потеряли своей актуальности, постоянно совершенствуется технология их получения и расширяется сырьевая база для их синтеза. Несмотря на столь «солидный исторический возраст» для некоторых добавок из этого класса не до конца изучен механизм действия.

Основным каталитически активным компонентом этих добавок является атом металла. Анионы солей не оказывают существенного влияния на каталитическую активность, а лишь способствует созданию условий для гомогенного катализа⁴³.

Сиккативы обычно синтезируют посредством реакции металлов или их соединений с карбоновыми кислотами. Этот процесс может осуществляться различными способами: *сплавлением, осаждением или прямым взаимодействием* с металлом. Плавненные сиккативы образуются при взаимодействии оксидов металлов с органическими кислотами при нагревании до температур от 150 до 240 градусов Цельсия.

При использовании растительных масел температура процесса повышается до 280 градусов Цельсия. В производстве свинцовых сиккативов применяют глет (PbO) или сурик (Pb₃O₄), для марганцевых – пиролюзит (MnO₂), а для кальциевых – негашёную известь (CaO).

Если в процессе используется масло, то предварительно растительное масло подвергают расщеплению с помощью оксида. Метод получения плавных сиккативов следующий: В нагретое до заданной температуры масло (или кислоту) постепенно, небольшими порциями (чтобы избежать сильного вспенивания), вводят пасты из оксидов металлов, разведенные в обезвоженном льняном масле. Такая форма введения оксидов предотвращает их склеивание. Процесс продолжают до тех пор, пока не будет получена гомогенная

⁴² Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. М. : Химия, 1989. С. 423–425.

⁴³ Там же. С. 423–425.

реакционная масса. Затем полученные сиккативы растворяют в уайт-спирите. Изменение процесса плавления заключается в получении сиккативов посредством реакции жидкой органической кислоты с водно-дисперсными системами оксидов, карбонатов или гидрооксидов металлов при участии органического растворителя.

Образовавшиеся сиккативы затем получают путем обменного разложения в водной среде растворимых солей кислоты и металла. При взаимодействии кислот с натриевыми солями (мылами) образуются растворы, которые при комнатной температуре, после смешивания с водно-солевым раствором металла (10–20% концентрации), приводят к образованию сиккатива, выпадающего в осадок. Осажденный сиккатив промывают водой и сушат, однако, из-за его высокой подверженности окислению, его обычно не отделяют от раствора, а после промывки водой растворяют в неводородном растворителе. Для проведения реакции обменного разложения целесообразно использовать растворитель, например, уайт-спирит. При этом методе сиккатив растворяется в уайт-спирите сразу после образования, что упрощает его отделение от водной фазы и последующую очистку. Такой подход к получению сиккатива называется *жидкофазным*. Способ осаждения позволяет получать более чистые продукты по сравнению с методом плавления, так как плавленные сиккативы содержат продукты термического разложения. Осаждение позволяет получать продукты с повышенным содержанием металла за счет образования стехиометрических соединений, синтез которых при плавлении невозможен.

Так называемый способ прямого взаимодействия металла заключается в проведении реакции взаимодействия металла с органической кислотой в присутствии кислорода воздуха с образованием металлических мыл. Подходящими катализаторами реакции являются вода, алифатические спирты или низкомолекулярные органические кислоты. Однако не все металлы можно использовать для получения сиккативов этим методом.

В качестве *сырья для получения сиккативов* используются карбоновые кислоты, как природного, так и искусственного происхождения. В природном секторе предпочтение отдается ненасыщенным кислотам с 18 атомами углерода, которые входят в состав растительных масел: олеиновой, линолевой и линоленовой кислот. Также в эту категорию входят кислоты канифоли, таллового масла, нафтеновые кислоты. Кислотные сиккативы, получаемые из льняного масла, объединены под общим названием линолеаты и представляют собой комбинацию стеарата, олеата, линолеата и линолената металла. Соли кислот канифоли, в свою очередь, называются резинатами и преимущественно состоят из абиегинатов соответствующих металлов. Несмотря на то, что по эффективности ускорения процесса высыхания они уступают

линолеатам, их простота производства и доступная цена привели к широкому использованию в XX веке. Применение нафтенатов металлов в качестве сиккативов началось в 1925 году и стремительно завоевало популярность. Нафтенновые кислоты, являясь циклическими кислотами, в основном являются производными циклопентана и присутствуют в сырой нефти, откуда они извлекаются различными способами. Нафтенаты обладают рядом преимуществ перед предшествующими сиккативами, такими как линолеаты и резинаты. Они содержат больше металла и менее склонны к окислению благодаря насыщенной структуре нафтенновых кислот. Это свойство позволяет им сохранять стабильность при хранении, не поддаваться самовоспламенению и длительное время сохранять растворимость.

Тем не менее, применение нафтенатов сокращается и в ближайшем будущем, вероятно, они перестанут использоваться. Сегодня наблюдается активная тенденция в мировой практике замены натуральных материалов на синтетические аналоги. В качестве заменителя натуральных кислот для производства сиккативов всё чаще применяются синтетические кислоты, такие как 2-этилгексановая кислота (октановая), которая была впервые использована в 1945 году; неодакановая и изонановая кислота, а также их комбинации. В составе сиккативов преимущественно используются кобальт, марганец, свинец, цирконий, кальций и барий. Использование редкоземельных металлов, например церия, встречается не так часто.

Классификация сиккативов

Сиккативы классифицируются по составу входящих в них металлов. Международно признанная классификация разделяет их на две категории: основные (первичные или истинные) и вспомогательные.

К основным сиккативам относятся соединения, содержащие Co, Mn, Fe, Ce, V, Pb, Zr, обладающие каталитическим свойством.

В качестве вспомогательных сиккативов используются соединения, основанные на Ba, Ca, Bi, Zn, K, Li, Sr. Сиккативы можно классифицировать на две основные группы: оксидационные (поверхностные) и полимеризационные (сквозные, объемные или жесткие).

Оксидационные сиккативы, основанные на соединениях Co, Mn, Fe, Ce, V, ускоряют окислительные процессы на поверхности покрытий. Они действуют за счет адсорбции кислорода пленкой и образования перекисей, которые затем разлагаются.

Среди *оксидационных сиккативов* особую активность проявляют соединения *кобальта*. Использование только кобальтового сиккатива может спровоцировать образование морщин на поверхности покрытий. Чтобы обеспечить равномерное отверждение, кобальтовые сиккативы часто комбинируют с сиккативами, содержащими марганец, цирконий или кальций. Несмотря

на фиолетово-красный цвет кобальтовых сиккативов, их небольшое количество в рецептурах практически не влияет на оттенок покрытий. Кобальтовые сиккативы часто используют для придания белым краскам яркости, так как синий оттенок кобальта нейтрализует желтизну лака или масла, что способствует усилению белизны. При работе с кобальтовым сиккативом важно помнить о его высокой активности и вводить его в производственный процесс максимально близко к финальной стадии изготовления материалов.

Темно окрашенные *железные сиккативы* демонстрируют низкую эффективность при комнатной температуре, однако их активность существенно возрастает при нагревании до 120–130°C. Железные сиккативы подходят для использования в красках, содержащих алюминий, так как свинцовые сиккативы, из-за свойств, препятствующих всплыванию частиц алюминия, для таких красок не годятся.

Марганцевые сиккативы обладают каталитическим действием как на окислительные, так и на полимеризационные реакции, что побуждает некоторых западных ученых классифицировать их как промежуточное звено между поверхностными и сквозными сиккативами. Несмотря на то, что эффективность марганцевых сиккативов несколько уступает кобальтовым, при отверждении в условиях низких температур марганцевые сиккативы оказываются более предпочтительным вариантом. При повышенной влажности, ЛКМ, содержащие марганцевые сиккативы, не образуют шероховатой поверхности, в отличие от тех, где присутствует кобальт. Практика показала, что *комбинация свинцового и марганцевого сиккативов* приводит к созданию покрытий с высокой прочностью, долговечностью и устойчивостью к износу. Сиккативы с содержанием марганца широко используются в производстве эмалей, красок для наружных фасадов, паркетных лаков и материалов, предназначенных для горячей сушки. Использование марганцевых сиккативов ограничено из-за их темного (коричневого) цвета, который может негативно сказаться на оттенке белых и светлых покрытий. В чистом виде марганцевые сиккативы применяются редко, чаще они входят в состав более сложных полиметаллических сиккативов.

Сиккативы *полимеризационного* действия ускоряют процесс полимеризации непосредственно в пленке и включают в себя соединения, основанные на *свинце, цирконии, алюминии и редкоземельных элементах*. Важно подчеркнуть, что применение *свинцовых сиккативов* способствует повышению эластичности, влагостойкости и срока службы покрытий, что обуславливает их рациональное использование в составах противокоррозионных покрытий. Кроме того, свинцовые сиккативы демонстрируют отличные смачивающие и диспергирующие свойства.

Важно помнить, что сиккативы на основе свинца не подходят для красок, содержащих алюминий, так как это снижает их укрывистость. Также их

нельзя применять в материалах, которые впоследствии могут контактировать с серой, поскольку это может привести к изменению цвета покрытия во время эксплуатации.

В последнее время, вследствие усиления законодательства в развитых странах по защите окружающей среды и здоровья работников, использование сиккативов, содержащих свинец, стремительно сокращается⁴⁴.

По европейскому законодательству свинцовые сиккативы могут поступать в розничную торговлю только в составе краски. Но их можно выпускать и продавать производителям лакокрасочных материалов (ЛКМ) в соответствии с директивами Евро Союза.

На практике, в основном используют свинец в комбинации с кобальтом и кальцием в пропорции 0,05 % кобальта – 0,5 % свинца – 0,10 % кальция в пересчете на отвержденный пленкообразователь.

В последнее время *свинцовые* сиккативы все чаще заменяют на *циркониевые*, используя обычно 0,60–0,75 кг циркония вместо 1 кг свинца. Оптимальное количество циркониевого сиккатива, однако, определяется экспериментально. Циркониевый сиккатив применяется в паре с кобальтовым или марганцевым, в отличие от свинцового, он снижает смачиваемость пигментов. Ввиду этого, его применение рекомендуется совмещать с небольшим количеством кальциевого сиккатива. В качестве вспомогательных (или промоторных) сиккативов выступают карбоксилсодержащие соли металлов, обладающие умеренной активностью. Однако, при совместном использовании с первичными сиккативами они значительно усиливают их эффективность.

Например, синергетический эффект проявляется при использовании сиккативов вспомогательного типа, содержащих Ca, Li, K, в сочетании с Co, Zr. Существует гипотеза, что вспомогательные сиккативы препятствуют обменным реакциям основных сиккативов с карбоксильными группами компонентов пленкообразователей. В пигментированных лакокрасочных материалах предполагается, что промоторы действуют за счет более активного, по сравнению с истинными сиккативами, участия в адсорбции на поверхности пигментов и наполнителей. В настоящее время наиболее востребованными *промоторами* являются *кальциевые сиккативы*⁴⁵.

Рекомендуют – если пленкообразователь имеет ограниченную совместимость со свинцовым сиккативом, то часть свинцового можно заменить на несколько большее количество кальциевого. Это позволит предотвратить выпадение свинца в осадок и увеличить эффективность отверждения. Каль-

⁴⁴ Гренберг Ю. И., Писарева С. А. Масляные краски XX века и экспертиза произведений живописи : учеб. пособие. М. : Планета музыки, 2022. С. 35.

⁴⁵ Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. М. : Химия, 1989. С. 424.

циевые сиккативы часто применяют вместо свинцовых в тех случаях, когда есть жесткие ограничения по токсичности покрытий, например при окраске игрушек, детской мебели и т. д.

Выделяют, что *кальциевые сиккативы* улучшают твердость и глянец покрытий. Но было выявлено, что водостойкость покрытий с использованием кальциевых сиккативов меньше, чем с применением свинцовых. К вспомогательным сиккативам также относится *цинк*, который, задерживая процесс высыхания поверхности покрытий, способствует равномерному высыханию пленки по всей толщине, поскольку поддерживает поверхность доступной для непрерывного поступления кислорода. Использование этого компонента предотвращает усадку покрытий при применении кобальтового сиккатива и при формировании покрытий методом горячей сушки.

При создании технологии производства пигментированных ЛКМ следует учитывать, что вспомогательные сиккативы на основе Са и Zn обладают отличными смачивающими и диспергирующими свойствами. В связи с этим, их рекомендуется вводить на ранних стадиях производства пигментированных ЛКМ, что существенно сокращает время, необходимое для перемешивания и диспергирования пигментов. За счет низкой цветовой активности Са и Zn сиккативы не оказывают влияния на цвет создаваемых покрытий. Обычно основные сиккативы добавляют в ЛКМ в малых дозах – от 0,01 до 0,20%, тогда как вспомогательные сиккативы, как правило, вводятся в системы в более значительных количествах, до 0,6% относительно сухого остатка пленкообразователя (на основе расчета на металл).

Важно понимать, что сиккативы оказывают влияние не только на время высыхания покрытий, но и на целый ряд свойств лакокрасочных материалов. В частности, они повышают их вязкость, способствуют быстрому образованию плотных пигментных отложений при длительном хранении, могут негативно сказаться на цветовой гамме покрытия и вызвать сморщивание пленок. Особо следует отметить, что сиккативы ускоряют процесс старения покрытий, который представляет собой дальнейшую стадию окисления. Чаще всего (но не всегда) чрезмерное количество сиккатива ускоряет процесс высыхания пленки, однако в дальнейшем она подвергается интенсивному старению.

Для получения оптимальных свойств отверждения практически всегда применяют смеси сиккативов, содержащих различные металлы. Эффективность сиккативов определяется многими факторами, в первую очередь – воздействием света, влажности воздуха, температуры, концентрацией восстанавливающих газов в атмосфере, наличием сернистых соединений в растворителе и типом используемых пигментов. Часто растворители, добытые из каменного угля или нефти, помимо углеводородов, содержат сернистые соединения, которые, по практическим наблюдениям, подавляют катали-

тическую активность сиккативов. Некачественно очищенные масла могут содержать природные антиоксиданты (цефалины, токоферолы), которые блокируют действие сиккативов. Оптимальное количество сиккативов для каждого лакокрасочного материала следует определять экспериментально, руководствуясь рецептурой конкретного материала, а также рекомендациями производителей и данными из научно-технической литературы.

Вопросы для самоконтроля

1. Из чего получают казеин?
2. Какую роль выполняет мед в клеевых глютиновых составах?
3. Необходимо ли добавлять в водные составы на основе природных белковых веществ биоциды?
4. Для чего вводят пластификаторы в глютиносодержащие реставрационные материалы?
5. Пленки, полученные из осетрового клея гигроскопичны или нет?
6. Что является основой глютиновых клеевых составов?
7. Пленкообразование при применении глютиновых клеев относится к физическим или химическим процессам?
8. Что представляют собой воски по химическому составу?
9. Какие из природных смол относятся к «молодым»?
10. Какое процентное содержание смолы в политуре?
11. Какие из природных смол не растворяются в воде?
12. Содержат ли жирные масляные лаки в своем составе растительные масла?
13. Требуется ли проведение термообработки копалов и янтаря для получения масляно-смоляных лаков?
14. В чем заключаются недостатки применения воско-смоляных композиций?
15. Какие из органических кислот являются насыщенными?
16. Какие виды олиф вы знаете?
17. Что представляют собой масляные лаки?
18. На основе каких металлов получают основные сиккативы?
19. Какие из органических кислот являются ненасыщенными?
20. Чем больше в состав растительного масла входит триглицеридов ненасыщенных кислот с двумя и тремя двойными связями, тем оно высыхает быстрее или медленнее?
21. К какой группе относятся сиккативы на основе Са?
22. К какой группе относятся сиккативы на основе Zn?
23. Сиккатив на основе Со относится к поверхностным или объемным?
24. В реставрационных материалах используются нерафинированные. Какие растительные масла используют в реставрационных материалах и почему?
25. В состав каких олиф не входит органический растворитель?

Глава 3. Синтетические реставрационные материалы

Синтетические ВМС в промышленности получают тремя основными способами:

- Реакцией полимеризации (поливинилацетат, акрилаты, полиэтилен и др.)
- Реакцией поликонденсации (эпоксиды, алкиды, фенолформальдегидные смолы и пр.)
- Реакцией в цепях полимеров (поливиниловый спирт, поливинилбутираль). В результате таких реакций получают следующие группы соединений⁴⁶ :
 - Полимеры на основе винилацетата и его сополимеры с этиленом;
 - Полиспирты и полиамиды;
 - Полимеры и сополимеры на основе бутилакрилата и бутиметакрилата;
 - Кремнийорганические олигомеры и полимеры;
 - Фторосодержащие олигомеры;
 - Эпоксидные смолы;
 - Полиуретаны.

3.1 Классификация синтетических материалов

В зависимости от строения цепи ВМС классифицируют на:

- карбоцепные высокомолекулярные соединения;
- гетероцепные высокомолекулярные соединения.

В карбоцепных ВМС главная цепь построена только из атомов углерода – полиэтилен, поливинилацетат, акрилаты, поливинилбутираль, поливиниловый спирт.

В гетероцепных ВМС в главной цепи наряду с атомами углерода находятся и другие атомы, например кислород, азот. К ним относятся – алкиды, полиэферы.

В зависимости от строения цепи ВМС бывают:

- Линейными
- Разветвленными
- Сшитыми.

ВМС также делятся на:

- термопластичные соединения, которые формируют обратимую пленку без протекания химических реакций. Примеры термопластичных соединений – поливинилбутираль, поливинилацетат.
- терморезактивные соединения, которые формируют необратимую пленку за счет протекания химических реакций сшивания. Пример терморезактивного соединения – эпоксидные смолы.

⁴⁶ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордюшина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022 С. 139.

В реставрационной практике в основном используются термопластичные ВМС.

Преимущественно в настоящее время в реставрационной практике используются полимеризационные ВМС.

Полимеризационные ВМС могут быть:

- Гомополимерами
- Сополимерами.

Гомополимер – это ВМС, которое состоит из мономерных звеньев (М) одной химической природы: -М-М-М-М-М-М-М-М-

Сополимер – это ВМС, которое состоит из мономерных звеньев разной химической природы: -М1-М2-М3-М4-.

В XXI веке наиболее широко стали применяться сополимерные ВМС, поскольку в одном материале можно сочетать достоинства разных химических продуктов.

По своей химической природе мономеры могут быть «мягкими» и «жесткими», и соответственно из «жестких» мономеров образуются жесткие и твердые полимерные материалы, а из «мягких» мономеров – мягкие и эластичные материалы.

Для получения полимерного продукта с заданными характеристиками на стадии синтеза комбинируют «жесткие» и «мягкие» мономеры.

Примеры «жестких» мономеров – стирол, винилацетат, метилметакрилат.

Примеры «мягких» мономеров – этилен, бутилметакрилат, бутадиен.

Полимеризационные ВМС получают, используя реакции:

- Радикальной полимеризации – цепной реакции, в которой активным центром роста полимерной цепи является радикал (соединение с неспаренным электроном).

- Анионной полимеризации – цепной реакции, в которой активным центром роста полимерной цепи является анион (отрицательно заряженное соединение).

- Катионной полимеризации – цепной реакции, в которой активным центром роста полимерной цепи является катион (положительно заряженная частица).

Большинство полимеризационных ВМС, используемых ныне в реставрационной практике, получают в промышленных масштабах реакцией радикальной полимеризации.

Радикальную полимеризацию проводят несколькими технологическими способами:

- В массе;
- В растворе;
- В суспензии;

- В эмульсии.

Для получения ВМС с помощью различных технологий необходимо различное сырьевые ингредиенты:

- При поведении реакции в массе необходим мономер и инициатор. Выпускная форма ВМС-гранулы.

- При проведении реакции в растворе необходимы мономер, инициатор и органический растворитель. Выпускная форма ВМС – раствор ВМС в органическом растворителе. Возможно на производстве проводить распылительную сушку растворов ВМС. В этом случае выпускная форма будет – порошок ВМС.

- При проведении реакции в суспензии необходим мономер, инициатор, растворимый в мономере, высокомолекулярное поверхностно – активное вещество, вода. Выпускная форма – гранулы (бисер).

- При проведении реакции в эмульсии необходимы мономер, инициатор растворимый в воде, вода, поверхностно-активное вещество. ВМС, полученные по технологии эмульсионной полимеризации, называются синтетическими латексами. *Синтетический латекс* – это двухфазная система, в которой дисперсной фазой является полимер или сополимер, а дисперсионной средой – вода⁴⁷. В литературе по реставрационным материалам часто вместо понятия латекс используют термин дисперсия.

В реставрационной практике используют ВМС в виде порошка, гранул раствора в органическом растворителе, в виде синтетических латексов.

3.2 Примеры синтетических материалов, используемых в реставрации

В современной реставрации применяются синтетические материалы на основе разнообразных полимерных материалов при условии соответствия их вышеприведенным требованиям.

Поливинилацетат (ПВА) выпускается в виде водной дисперсии, сухой остаток около 50%, м.м. от 500 до 600 тыс., плотность 1,18 – 1,19 г/см³, температура стеклования 28°С, размер частиц 1–3 мкм, содержание пластификатора – 2,5–5%. После испарения воды формируется полимерная пленка⁴⁸.

Основные свойства и характеристики поливиниловых полимерных материалов приведены в таблице 10.

⁴⁷ Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. М. : Химия, 1989. С. 70–71.

⁴⁸ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 66.

Таблица 10. Характеристики поливиниловых полимеров⁴⁹

Наименование	Свойства	Способ применения	Растворители
<i>Поливинилацетат (ПВА)</i>	<p>+ ПВА дисперсия характеризуется высокой адгезией к любым подложкам;</p> <p>+ клей удобен в работе и не несет опасности для здоровья.</p> <p>– Склонность к пожелтению при контакте с воздухом;</p> <p>– Низкая влагостойкость;</p> <p>– Низкая биостойкость;</p> <p>– Склонность к усадкам;</p> <p>– Высокая жесткость пленки.</p>	<p>Выпускается в виде водной дисперсии. Из-за недостатков, данный клей применяется отечественными реставраторами только в реставрации мебели и в редких случаях при реставрации кожаных переплетов книг, поскольку только при выполнении этих задач, ПВА не несет губительных последствий.</p>	<p>После испарения воды формируется полимерная пленка, которая растворяется в кетонах, сложных эфирах, метаноле.</p>
<i>Поливиниловый спирт (ПВС)</i>	<p>+ очень низкая газопроницаемость (в сравнении с другими полимерами), но в то же время они хорошо пропускают водяной пар;</p> <p>+ хорошая адгезия различным типам подложек;</p> <p>– во влажной атмосфере пленки ПВС теряют прочностные качества, а в условиях низкой влажности становятся жесткими;</p> <p>– в процессе формирования пленки может дать значительные усадки.</p>	<p>Твердый водорастворимый, термопластичный полимер без запаха и вкуса, не токсичен. Выпускается в виде белого порошка. В реставрации этот материал применяется в качестве связующего реставрационных грунтов, как адгезив и консолидант при реставрации текстиля и произведений искусства на бумажной основе.</p>	<p>Поливиниловый спирт набухает в холодной воде, а растворяется при нагревании до 90-100 °С.</p>

ПВА обладает высокой адгезией и прост в применении, при этом он безопасен для здоровья. Однако, у него есть некоторые недостатки: склонность к пожелтению, изначальная жесткость пленки, которая усиливается со временем из-за миграции пластификаторов (дибутилфталат, дибутилмалеинат, дибутилсебацинат) из ее структуры, а также низкая влагостойкость и био-

⁴⁹ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 56–62.

стойкость, склонность к усадке и наличие в дисперсии остаточной уксусной кислоты, что обеспечивает низкие значения pH.

Сополимеры винилацетата с этиленом (СВЭД-33, СВЭД-50, СЭВ)

Винилацетат-этиленовые сополимеры (СВЭД-33, СВЭД-50, СЭВ) стали первыми синтетическими материалами, созданными специально для реставрационных работ в ВНИИР (*ГосНИИР*). СВЭД-33, содержащий 33% сухого вещества, отличается мельчайшими частицами размером 0,05 мкм, низкой вязкостью и превосходной адгезией. Образующаяся после испарения дисперсной среды пленка демонстрирует высокую водостойкость и биостойкость, а также обладает исключительной эластичностью и отличными деформационными характеристиками, превосходя по этим параметрам природные материалы.

СВЭД-33 используется как адгезив при реставрации темперной и клеевой живописи, помогая в склеивании мелких отслоений и нанесении красочного слоя.

СВЭД-50 имеет аналогичный состав, но с повышенным содержанием сухого вещества (50%) и более крупными частицами. В результате высыхания образуются более плотные пленки. При этом относительное удлинение снижается вдвое, а прочность существенно возрастает. Применение СВЭД-50: склеивание крупных отслоений.

Разработанный ВНИИР СЭВ призван восстанавливать поврежденный (распыленный) красочный слой. Это сополимер винилацетата и этилена, отличающийся заменой некоторых ацетатных групп на гидроксильные. Получается белый порошок, растворяющийся в водном растворе спирта (70% спирт, 30% вода). После высыхания растворителя образуется прочная пленка, обладающая повышенной водостойкостью, но меньшей эластичностью по сравнению с двумя предыдущими составами. Данный состав предназначен для реставрации миниатюр на пергаменте и укрепления красочного слоя настенной живописи на гипсовых поверхностях. Отсутствие в его составе белка делает его особенно подходящим для пропитки реставрируемых клеевых и темперных живописных произведений.

Полвиниловый спирт (ПВС)

Термопласт с микрокристаллической структурой, обладающий молекулярной массой от 10 до 50 тысяч, характеризуется температурой стеклования в диапазоне от 69 до 850°C и плотностью 1,29 г/см³. Температура плавления этого материала варьируется от 130 до 360°C⁵⁰. Внешне он представляет собой белый порошок, способный растворяться в воде (конкретная температура растворения зависит от марки полимера – некоторые марки растворяются

⁵⁰ Иванова Ю. В., Филатов С. В. Носители для раскрытия живописи (полвиниловый спирт) : науч. изд. Москва : Изд-во Индрик, 2024. С. 23.

в горячей, другие – в холодной воде). В России выпускается более двадцати марок этого термопласта, которые отличаются по молекулярной массе и степени гидролиза ацетатных групп. В ресторанной сфере наиболее востребованы марки Э, 7/1 и 16/1.

Отличается хорошей адгезией и устойчивостью к атмосферным влияниям, однако образует твердые пленки и обладает низкой био- и водостойкостью.

При этом, данный материал демонстрирует значительные усадки⁵¹. Прочность пленки при растяжении составляет 60–140 Мпа, а относительное удлинение – 0,5%. Несмотря на эти характеристики, данный материал находит применение в качестве связующего в реставрационных грунтовках, а также в качестве адгезива и консолиданта при реставрации текстиля и бумаги. Из-за ряда недостатков, свойственных ПВА и ПВС, их использование в реставрационной практике до недавнего времени было ограничено.

Поливинилбутираль (ПВБ)

ПВБ образуется в результате взаимодействия поливинилового спирта с масляным альдегидом. Этот твердый материал имеет температуру стеклования в 57°C и устойчивость к разложению при температурах свыше 160°C.

ПВБ отличается высокой адгезией, особенно к стеклу, а также превосходной прочностью и гибкостью. Прочность пленок из ПВБ может достигать 35 Мпа, при этом относительное удлинение варьируется от 140 до 190%, а величина усадки составляет 6–8%.

В сфере реставрации применяются марки ПВБ КА, КБ и КВ, предназначены для склеивания стекла и фарфора. В реставрации станковой масляной живописи поливинилбутираль является незаменимым материалом для соединения фрагментов холста, когда прорывы требуют соединения «встык», а также для деликатного отслаивания поздних живописных слоев от более древних на иконах и стенописях. Данный клей, растворимый в широком спектре растворителей (см. рис. 4), отличается прозрачностью, высокой адгезией, прочностью и эластичностью.

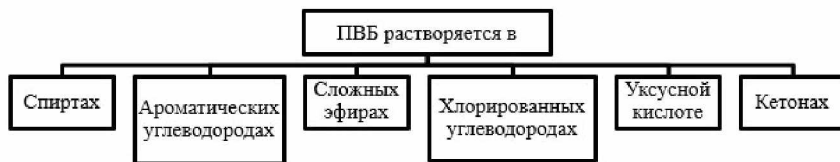


Рис. 4 Растворимость ПВБ в различных растворителях⁵²

⁵¹ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М.: РИО ГосНИИР, 1999 С. 59.

⁵² Там же. С. 60.

Данный материал широко применяется в реставрации станковой масляной живописи. Поливинилбутираль используют для соединения краев прорывов холста картин «встык» и для выполнения сложных операций по снятию поздней живописи, написанной поверх более ранней живописи с тем, чтобы сохранить оба изображения (чаще всего подобные операции производятся с иконами или настенной живописью).

Полиакриламид (ПАА)

Полиакриламид – это белый порошкообразный полимер без запаха, обладающий твердой консистенцией. Он растворим в воде, диметилформамиде, диэтилсульфиде, ледяной уксусной и молочной кислотах, а также в глицерине. В спиртах, кетонах и неполярных растворителях полиакриламид не растворяется. При нагревании до 165°C полиакриламид разлагается.

В различных сферах его используют как компонент для пропитки бумаги и текстиля. В реставрации полиакриламид находит ограниченное применение в качестве средства для укрепления красочного слоя в фресках.

Полимеры класса акрилатов

Полиакрилаты – это полимеры на основе эфиров акриловых и метакриловых кислот. Они устойчивы к действию кислорода и света. Широко применяются в отечественной и зарубежной реставрационной практике в виде растворов и дисперсий. Полиакрилаты – это полимеры на основе эфиров акриловых метакриловых кислот. Устойчивые к действию кислорода и света, которые нашли широкое применение в реставрации в виде растворов и в виде дисперсий.

А) *Полибутилметакрилат (ПБМА)* – это бутиловый эфир метакриловой кислоты. Представляет собой твердый кристаллический полимер, м.м. 100 тыс., плотность 1,05 г/см³, температура размягчения 20°C, показатель преломления 1,483, растворяется в сложных эфирах, ароматических углеводородах, уайт-спирите, пинене.

Характеризуется высокой адгезией, повышенной био-, свето-, погодостойкостью, полностью обратим.

Области применения: для склейки фрагментов настенной живописи, для монтирования снятых со стен фрагментов росписей на новое основание, для укрепления живописи на лессе, для подклейки красочного слоя настенной масляной живописи к грунту и штукатурному основанию, для полевой консервации археологических предметов, для реставрации предметов прикладного искусства из дерева, керамики, фарфора и др.

Б) *Сополимер бутилметакрилата с метакриловой кислотой (БМК-5)*

Характеризуется более высокой поверхностной твердостью и более высокой теплостойкостью, имеет более низкую температуру стеклования, чем ПМБА, поэтому его пленка имеет меньшую липкость и меньшее грязеудержание.

Области применения: для укрепления росписей на лессовой основе, для укрепления разрушенной древесины, для укрепления красочного слоя полихромной скульптуры, для реставрации золоченной резьбы.

В) *Сополимер метилакрилата с этилметакрилатом* (Paraloid B72, Acryloid B-72-в зарубежной литературе) с соотношением мономеров 30:70.

Выпускается в виде прозрачных гранул, растворимых в ксилоле, толуоле и изопропиловом спирте.

Область применения: для укрепления красочных слоев всех видов живописи, для пропитки древесины, в качестве связующего в составах для восполнения утрат, для проклейки дублировочного холста, в качестве адгезива при реставрации текстиля и в качестве защитного покрытия на изделиях из металла.

Г) *Акриловые дисперсии*

Полимерные синтетические клеи, в которых дисперсионной средой является вода, содержащая разного рода эмульгаторы, а в качестве дисперсионной фазы – сополимеры на основе эфиров акриловой и метакриловой кислот.

В реставрационной станковой масляной живописи акриловые дисперсионные клеи применяются для операций, представленных на рис. 5.



Рисунок 5. Области применения акриловых дисперсий⁵³

При работе с акриловыми дисперсиями следует руководствоваться следующими правилами:

- клей следует наносить на обе склеиваемые поверхности с помощью кисти или шприца;
- место склейки проглаживают теплым утюжком (55–60°C), до полного испарения воды, охлаждение производится под давлением;
- затеки клея необходимо сразу же удалить тампоном, смоченным водой.

В отличие от винилацетатных дисперсий акриловые характеризуются более высокой свето-, атмосферо- и влагостойкостью, значительно превосходят по биостойкости, пленки обладают высокой эластичностью, величина относительного удлинения для разных марок колеблется от 500 до 1000%.

Все дисперсии имеют исходную концентрацию около 50%. Рабочие концентрации колеблется от 15 до 50% в зависимости от реставрационной зада-

⁵³ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 99.

чи. С увеличением концентрации увеличивается величина адгезии и толщина клевого шва. Вязкость клея может быть увеличена не только изменением концентрации, но и путем загущения (добавить, например, толуол). Область применения: Станковая масляная живопись – дублирование картин на новую основу, дублирование кромок на новый холст (Plextol P500, Plextol D360, Lascaux Acrylic Adhesive 498-20х), укрепление красочного слоя, если на нем имеются открытые вздутия и шелушения (АК-211, АБВ-16, Primal AC-643, Hydro – Primer 750, Plextol D 498 и D360), контактное удаление поверхностных загрязнений с оборота холста с помощью пленки, сформированной из дисперсии с постоянной липкой марки ФЛ-215.

Предметы прикладного искусства – склейка фрагментов музейных предметов фарфора и керамики (АК-231), археологической керамики (АК – 256, АК-259 загущенные аммиаком), в качестве связующего композиций для восполнения утрат, заделки трещин и сколов, для контактного удаления загрязнений с поверхности керамики, мрамора, известняка, гипса.

Резной золочённый декор и полихромная скульптура – подклейка левкаса к деревянной основе, позолоты к левкасу, красочного слоя и позолоты к грунту (АК-211, АБВ-16, Lascaux Acrylic Adhesive 498, Plextol P550).

Настенная масляная живопись – подклейка красочного слоя к грунту и штукатурной основе (АБВ-16, АК-211, АК-251)⁵⁴.

Кремнийорганические материалы

Кремнийорганические материалы – это многообразная группа веществ, отличающихся по химическому составу и молекулярной массе. Их применение обусловлено уникальным набором свойств, включающим светостойкость, влагостойкость, атмосферостойкость, паропроницаемость, высокую пропитывающую способность и биостойкость. Однако главным ограничением этих материалов является их полная необратимость. В зависимости от своей химической структуры, эти соединения классифицируются в три основные группы, иллюстрируемые на рисунке 6:



Рисунок 6. Группы кремнийорганических материалов⁵⁵

⁵⁴ Малачевская Е. Л., Беляевская О. Н. Базовая методика реставрации монументальной темперной и масляной живописи с применением акрилового сополимера АК-211 в форме водной дисперсии и раствора в органических растворителях: научно-методическое пособие. М. : ГОСНИИР, 2023. С. 6.

⁵⁵ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордопина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 103.

Применение данных материалов распространяется на следующие области:

- укрепление основания для настенной живописи, будь то штукатурка, кирпичная кладка или кладочный раствор;
- защита от влаги и структурное усиление разрушающегося красочного слоя наружных росписей;
- защита от воздействия воды деревянных предметов декоративно-прикладного искусства и холстов станковой масляной живописи

Фторсодержащие полимеры

В процессе реставрации широко применяются сополимеры, основой которых служит тетрафторэтилен (тефлон), именуемые фторлонами. Известны две разновидности этих сополимеров: Ф-26 и Ф-42.

Ф-26 представляет собой сополимер тетрафторэтилена с гексафторпропиленом, обладающий температурой плавления в диапазоне 270–290°C и плотностью 2,14–2,15 г/см³. Прочность его пленки при растяжении составляет 22–27 Мпа, а относительное удлинение – 280–400%.

Ф-42, в свою очередь, является сополимером тетрафторэтилена с винилиденфторидом, с температурой плавления 150–160°C и плотностью 1,9–1,93 г/см³. Пленка демонстрирует прочность при растяжении в диапазоне 34–49 Мпа и относительное удлинение 400–500%. Благодаря своим свойствам, они применяются для создания термостойких лаковых покрытий. Отличаются высокой устойчивостью к температурным воздействиям, химическим реагентам, атмосферным факторам и воде, при этом не влияют на тональность и фактуру живописи. Применяются для укрепления слабых пигментов в произведениях искусства, выполненных пастелью, углем или карандашом, а также для реставрации старых тканей и бумаги, укрепления цветных инициалов и чернил, выполненных железно-галловыми чернилами⁵⁶.

Эпоксидные смолы

Эпоксидные соединения, представленные как жидкими, так и твердыми веществами с молекулярной массой в диапазоне 500–1000, широко применяются в реставрации.

В реставрационных работах чаще всего используются двухкомпонентные эпоксидные клеи, состоящие из смолы и отвердителя. Эти клеи обладают высокой адгезией, хорошей прочностью сцепления, высокой химической стойкостью, влагостойкостью и атмосферостойкостью, а при отверждении образуют швы с минимальными усадками.

Клей обладает двумя существенными недостатками: полная необратимость после его затвердевания и потемнение клеевого шва со временем. Его

⁵⁶ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордопина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 111.

сфера применения ограничена реставрацией стекла, витражей, эмалей и, в некоторых случаях, склеиванием фрагментов окрашенной каменной скульптуры.

Полиуретановые клеи

Полиуретановые клеи представляют собой жидкости с вязкой консистенцией, которые отверждаются при помощи гидроокисельных соединений, за счет инициаторов (вода, спирты, водные растворы солей щелочных металлов и т.д.), характеризуются полным отверждением через 24 часа после склеивания. Уретановые адгезивы обладают рядом преимуществ: высокой адгезией, устойчивостью к воде и высокой биостойкостью. В отличие от эпоксидных, они создают более эластичные пленки.

Применение данного материала ограничено сферой реставрации стекла, витражей и изразцов.

Вопросы для самоконтроля к главе 3

1. Перечислите способы получения синтетических полимеров.
2. Приведите классификацию синтетических полимеров.
3. Приведите основные реакции получения полимеризационных полимеров.
4. Назовите полимеры класса акрилатов и их применение в реставрации.
5. Из какого полимера формируются наиболее гидрофобные пленки?
6. Какую температуру размягчения имеет полибутилметакрилат?
7. Из какого полимера формируются самые износостойкие покрытия или пленки?
8. К какому классу относятся эпоксидные материалы?
9. В синтетическом латексе акриловый сополимер является дисперсной фазой или дисперсионной средой?
10. В каком виде, в реставрационной практике используются акриловые сополимеры?

Глава 4. Классификация реставрационных материалов по реставрационным операциям

Один из способов классификации реставрационных материалов зависит от тех операций, которые проводит реставратор.

Правильно подобрать материал, с помощью которого можно грамотно провести реставрацию, бывает непростой задачей: каждое произведение уникально и создает особый реставрационный случай, требующий индивидуального подхода. Кроме того, подбор материала зависит от степени сохранности объекта, характера его повреждений и результатов исследования первоначальных авторских материалов. Тем не менее, *основные материалы* можно разделить по наиболее часто применяемым операциям на следующие, представленные на рис. 7:



Рисунок 7. Классификация реставрационных материалов по операциям⁵⁷

Адгезивы – вещества, обеспечивающие надежную и долговременную связь между элементами реставрируемого объекта. Адгезивы бывают природными и синтетическими.

В зарубежных методах реставрации для дублирования живописных произведений на новую основу и усиления красочного слоя используются два

⁵⁷ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордопина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 12.

вида адгезивов: синтетические аналоги воскосмоляных мастик и акриловые дисперсии с повышенной вязкостью.

Еще одним типом адгезивов служат водные полимерные дисперсии, созданные на основе бутиловых эфиров акриловой и метакриловой кислот. Данные материалы нашли широкое применение при реставрации произведений искусства, где они используются для дублирования картин на новую основу, а также для соединения бумаги, холста с картонной или деревянной подложкой, тканей и слоев масляной живописи. Их основная функция – создание прочного и долговечного скрепления между фрагментами поврежденного авторского материала.

Консолидаты, как правило, применяются в реставрации каменных, деревянных, кирпичных или штукатурных поверхностей. Они эффективно защищают реставрируемые объекты от негативного воздействия влаги и ультрафиолетового излучения. Тем не менее, эти полимеры часто обладают обратимым свойством. В сфере реставрации живописи эти материалы особенно востребованы при работе по сохранению настенных росписей.

Для создания защитных покрытий применяются матовые или глянцевые лаки, олифы, которые наносятся на поверхность живописных произведений или предметов декоративно-прикладного искусства. Защитные покрытия создаются как с применением природных смол, так и синтетических смол, таких как циклогексаноны, полибутилметакриловые полимеры и гидрогенизированные углеводородные смолы.

Вспомогательные реставрационные материалы отличаются от основных тем, что они контактируют с авторским слоем только во время проведения реставрационных мероприятий, после чего их удаляют с поверхности произведения. К таким материалам относятся различные виды бумаг, пленок и растворов (растворители и другие составы для удаления загрязнений).

К вспомогательным реставрационным материалам также относится различные виды полимерных пленок, таких как полиэтилен, термопластичный полимер этилена, относящийся к классу полиолефинов. Он химически инертен, прочен и эластичен, как видно из данных рис. 8. Применяют тонкие листы полиэтилена и полипропилена: бесцветные или прозрачные. Температура размягчения от 80 до 120°C. Разрушается под воздействием 50% раствора азотной кислоты при комнатной температуре, а также галогенов – хлора и фтора.

В реставрации часто прибегают к использованию бумаги различного типа и качества. В основном, в арсенале реставратора находятся следующие типы бумаг, представленные в табл. 11:

Таблица 11. Виды бумаг, применяемых в реставрации⁵⁸

Название	Состав и способ получения	Особенности	Область применения в реставрации
Микалентная	Изготавливается из хлопковой целлюлозы	прочная, эластичная, хорошо впитывающая влагу	для укрепления ветхой бумаги дублированием, укрепления сгибов листа, полей, соединения разрывов, для защиты ценных иллюстраций в книгах
Реставрационная длиноволокнистая	Изготавливается из волокон коры тутового дерева с добавлением волокон египетского хлопка	Равнопрочная бумага. Она тоньше и прозрачнее микалентной, прочность в различных направлениях примерно одинаковая, разрывное усилие 0,8 кг	Используется при реставрации произведений живописи, при транспортировке музейных экспонатов, а также в архивах
Конденсаторная	Изготавливается из древесных целлюлозных волокон	Обладает высокой прозрачностью, равномерным характером просвета, прозрачнее микалентной, но уступает ей по прочности	Для скрепления разрывов на бумаге
Фильтровальная	Производится из облагороженной сульфатной целлюлозы	Бумага бывает различной пористости и соответственно может задерживать, и пропускать частицы различного диаметра. Пористость также влияет на скорость фильтрования	для удаления жидкости с листов бумаги, подверженных реставрации, водной обработке, крашению, в качестве прокладочного материала при прессовании бумаги или кожи, для отдаленного увлажнения кожи, пергамента и т.д.
Папирсная и сигаретная	Папирсная бумага имеет в своем составе льняное волокно, минеральные соли и высохшее клеящее вещество	Бумага легко увлажняется, увеличивая свои размеры (больше в ширину, чем в длину), а при высыхании дает усадку. От этого свойства неравномерной усадки зависит профилактической заклейки на живописное произведение	Применяют в качестве прокладок для защиты ценных иллюстраций в книгах, в качестве прокладок во избежание склеивания листов, а также просто для расчистки поверхности от излишков масла, жидкости и клея

⁵⁸ Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999 С. 8.

Парафинированная	Из масляно-парафиновой смеси		Применяется в качестве антиадгезионной прокладки для предотвращения приклеивания отреставрированных листов к прокладочному материалу
------------------	------------------------------	--	--

Что же касается полимерных пленок, таких как полиэтилен, как видно из данных рис. 8, они обладают хорошими эксплуатационными свойствами для применения в реставрации в виде вспомогательных материалов применяют тонкие листы полиэтилена и полипропилена: бесцветные или прозрачные. Температура размягчения от 80 до 120°C. Разрушается под воздействием 50%-го раствора азотной кислоты при комнатной температуре, а также галогенов – хлора и фтора.

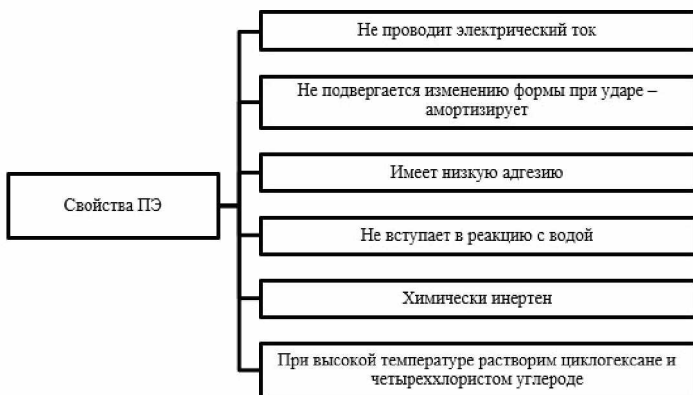


Рисунок 8. Характерные свойства полиэтилена⁵⁹

Вопросы для самоконтроля к главе 4

1. Приведите классификацию реставрационных материалов по реставрационным операциям.
2. Дайте определение адгезивов и консолидантов. В чем схожесть и отличие данных материалов?
3. Чем отличаются вспомогательные реставрационные материалы от основных?
4. Приведите примеры вспомогательных реставрационных материалов.
5. Какие виды полимерных пленок относят к вспомогательным реставрационным материалам?

⁵⁹ Сорокин М. Ф., Кочнова З. А., Шодэ Л. Г. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов. М. : Химия, 1989. С. 342–345.

Глава 5. Растворители

Классификация *растворителей* основывается на их химическом строении, которое в свою очередь определяет их уникальные свойства и способность растворять определенные вещества.

Растворители, как правило, представляют собой жидкости при обычных условиях температуры и давления, способные растворять другие вещества без изменения их химической формулы.

Требования к растворителю включают постоянство его физических свойств, соответствующих спецификации производителя, а также следующие характеристики: прозрачность и бесцветность, летучесть без образования осадка, устойчивость к химическим веществам в течение длительного времени, нейтральность, слабый или приятный запах, отсутствие воды, низкая токсичность, биологическая разлагаемость и доступная цена.

Физические и химические свойства растворителей

Чистота растворителя во многом определяется его плотностью и коэффициентом преломления. Плотность растворителей обычно измеряют при 20°C и сравнивают с плотностью воды в стандартных условиях (4°C), получая так называемую относительную плотность (относительная плотность d₄₂₀).

Как правило, органические растворители обладают меньшей плотностью по сравнению с водой, за исключением галогенированных углеводов, которые, наоборот, имеют более высокую плотность. Важно отметить, что плотность большинства органических растворителей снижается при повышении температуры. Плотность сложных эфиров и гликолевых эфиров в рамках одного гомологического ряда снижается по мере роста молекулярной массы, в то время как у кетонов и спиртов наблюдается обратная тенденция. Коэффициент преломления n_D определяется с помощью рефрактометра, использующего свет натриевой лампы (линии D 589,0 и 589,6 нм).

При повышении температуры показатель преломления растворителей уменьшается. Значение коэффициента преломления существенно определяется углеводородной структурой вещества. Коэффициенты преломления алифатических эфиров, кетонов и спиртов находятся в диапазоне от 1,32 до 1,42. Внутри гомологических рядов наблюдается тенденция: с ростом длины углеводородной цепи коэффициент преломления возрастает, а при уменьшении степени разветвленности углеводорода он снижается⁶⁰.

⁶⁰ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А Дринберг, Э. Ф. Ицко. Санкт-Петербург : Изд-во ХИМИЗДАТ, 2003. С. 23.

Циклоалифатические и ароматические соединения обладают более высокими коэффициентами преломления, что обусловлено влиянием функциональных групп.

Вязкость и поверхностное натяжение

В гомологических рядах растворителей *вязкость* повышается с увеличением молекулярной массы, например в ряду метанол (0,61 мПа·с), этанол (1,19 мПа·с), н-пропанол (2,26 мПа·с), н – бутанол (3,0 мПа·с) и гексанол (4,3 мПа·с)⁶¹.

Растворители, содержащие гидроксильные группы, имеют более высокую вязкость из-за образования водородных связей. Вязкость уменьшается с увеличением температуры.

Влияние растворителей на вязкость лакокрасочных материалов зависит в основном от двух факторов:

- вязкости самого растворителя;
- взаимодействия между пленкообразователем и растворителем, а также между разными компонентами смесового растворителя.

Вязкость растворов полимеров в целом зависит от объемного содержания компонентов. Поэтому при сравнении вязкости растворов, содержащих разные растворители, необходимо, чтобы их объемное содержание было одинаковым. Однако, поскольку известны объемы только чистых компонентов, а растворы полимеров в большинстве случаев неидеальные, то полученные при таком подходе данные будут не совсем точные. Так, если в случае сложных эфиров установлена связь между вязкостью растворов акриловых полимеров и вязкостью чистого растворителя, но эта зависимость не применима для всех растворителей, особенно для тех, которые способны взаимодействовать с полимером.

Поверхностное натяжение растворителя связано с энергией когезии. Величина поверхностного натяжения растворителей в реставрационном материале влияет на скорость испарения, на образование пленки и покрытий из них, а также на смачивание поверхностей, пигментов и наполнителей (если они есть в составе).

Испарение и летучесть

Температура кипения растворителя определяется как температура, при которой давление насыщенного пара жидкости достигает значения 101,3 кПа. Тепловая энергия расходуется на испарение жидкости и извлекается из окружающей среды, приводя к ее охлаждению.

В соответствии с температурой кипения растворители классифицируют следующим образом:

- низкокипящие – температура кипения <100 °С;
- среднекипящие – температура кипения 100 – 150 °С;

⁶¹ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А Дринберг, Э. Ф. Ицко. СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. С. 50–53.

- высококипящие – температура кипения >150 °С.

Важным является знание значения летучести растворителей, которые меньше величин температур кипения. Не существует прямой зависимости между летучестью и температурой кипения растворителей. Обычно летучесть уменьшается с увеличением температуры кипения растворителей, принадлежащих одному гомологическому ряду.

Растворители, которые способны к образованию водородных связей (спирты, амины, вода) менее летучи, чем другие растворители с такой же температурой кипения. Это связано с тем, что энергия сначала тратится на разрушение водородных связей, и лишь потом на процесс парообразования⁶².

Скорость испарения растворителей зависит от следующих факторов:

- давления насыщенного пара при температуре процесса;
- удельной теплоемкости;
- энтальпии парообразования;
- степени ассоциации молекул;
- скорости подачи тепла;
- поверхностного натяжения;
- молекулярной массы;
- атмосферной турбулентности;
- влажности воздуха.

Теоретически прогнозировать скорости испарения растворителей невозможно, поскольку все вышеперечисленные факторы взаимосвязаны. Скорость испарения некоторых растворителей представлена в табл. 12.

Таблица 12. Сравнительная скорость испарения растворителей⁶³

30		Растворитель	Скорость испарения
Эфир	1	Нафта	40
Ацетон	5	Ксилол	45
Бензол	5	Амилацетат	50
Этилацетат	10	Терпентин древесный	80
Четыреххлористый углерод	11	Бутанол	110
Метиловый спирт безводный	20	Терпентин	110
Этиловый спирт безводный	20	Диацетон	180
Толуол	23	Уайт-спирит	200
Бензин	25	Керосин	3000
Бутилацетат			

⁶² Там же.С.51.

⁶³ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 81.

В ходе экспериментальной работы время испарения растворителя выявляют при неизменных внешних условиях и сопоставляют с данными, полученными для диэтилового эфира (в отдельных государствах – для бутилацетата). Для определения относительной летучести (по сравнению с диэтиловым эфиром) применяют следующую формулу⁶⁴ :

$$E_{\text{(диэтиловый эфир)}} = t_1 \text{ (испытуемый растворитель)} / t_2 \text{ (диэтиловый эфир)},$$

где t_1 – время испарения испытуемого растворителя (в секундах);

t_2 – время испарения диэтилового эфира (в секундах).

Получаемые значения относительной летучести называют индексами испарения (или числами испарения) и соотносят с данными для диэтилового эфира (индекс испарения = 1).

На основе индексов испарения растворители классифицируют на четыре группы:

1. Сильнолетучие – < 10.
2. Умереннолетучие – 10 – 35.
3. Слаболетучие – 35 – 50.
4. Очень слаболетучие – > 50.

Относительную летучесть (по бутилацетату) рассчитывают по формуле⁶⁵:

$$E_{\text{(бутилацетат)}} = t_{90} \text{ (бутилацетат)} / t_{90} \text{ (испытуемый растворитель)}$$

где t_{90} обозначает время, необходимое для испарения 90% растворителя по сравнению с 90% бутилацетата в данном типе прибора при строго контролируемых экспериментальных условиях. В США для классификации растворителей используется число летучести, которое присвоено бутилацетату (равное 1).

Согласно этой системе, растворители делятся на три класса:

- Класс 1: Быстроиспаряющиеся > 3,0.
- Класс 2: Умеренноиспаряющиеся 0,8 – 3,0.
- Класс 3: Медленно испаряющиеся < 0,8.

Качество образующейся пленки (её сплошность, глянец, декоративный вид и т.п.) во многом зависит от скорости улетучивания растворителя при пленкообразовании. Слишком быстрое испарение растворителя может привести к сильному охлаждению пленки и вследствие этого – к её помутнению за счет конденсации на поверхности влаги из окружающей среды. Кроме того,

⁶⁴ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А. Дринберг, Э. Ф. Ицко. СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. С. 107.

⁶⁵ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А. Дринберг, Э. Ф. Ицко. СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. С. 111.

в этом случае могут образовываться пористые пленки, а также пленки с более высокими напряжениями, поскольку при большой скорости удаления растворителя не успевают пройти релаксационные процессы. Пористые пленки могут образовываться и при слишком медленном улетучивании растворителя.

Для обеспечения нормальных условий пленкообразования наиболее целесообразным оказывается введение в пленкообразующую систему одновременно нескольких растворителей, отличающихся по своей летучести и температуре кипения.

Плотность пара. Плотность пара, выраженная в килограммах на кубический метр воздуха (кг/м³), представляет собой массу растворителя, находящегося в состоянии равновесия с жидкостью при давлении 101,3 кПа. Эта величина тесно связана с концентрацией растворителя в атмосфере при ее насыщении и меняется в зависимости от температуры. Относительная плотность d_s , которая отражает соотношение плотности пара к плотности воздуха, может быть вычислена по специальной формуле ⁶⁶:

$$d_s = M_s / M_{air}$$

где M_s – молекулярная масса растворителя;

M_{air} – молекулярная масса воздуха (28,95 г/моль).

В идеальном случае относительная плотность пара не зависит от температуры. Относительные плотности пара для некоторых растворителей составляют: Тoluол 3,18; Ксилол 3,67; Этанол 1,59; Бутанол 2,56; Этилацетат 3,04; Бутилацетат 4,01⁶⁷.

Тепловые и электрические характеристики. С увеличением температуры диэлектрическая постоянная и теплопроводность уменьшается, а удельная теплоемкость увеличивается.

Температура вспышки, температура воспламенения и пределы воспламеняемости. Температура, при которой смесь паров растворителя и воздуха воспламеняется от открытого пламени, называется температурой вспышки растворителя. Температура вспышки растворителя увеличивается с уменьшением давления насыщенного пара, и, следовательно, с увеличением молекулярной массы и температуры кипения. С помощью этой величины растворители классифицируют по классам опасности и условиям транспортировки.

При повышении определенного значения температуры смеси паров растворителей с воздухом могут воспламеняться даже при отсутствии открытого пламени. Такая температура называется *температурой воспламенения* (или точкой воспламенения) и используется для разделения растворителей на различные группы по их воспламеняемости. Смеси паров растворителя

⁶⁶ Там же. С.111.

⁶⁷ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А Дринберг, Э. Ф. Ицко. СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. С. 111.

с воздухом могут взрываться только в определенных концентрационных интервалах, характеризуемых нижним и верхним *пределами взрываемости*. Ниже этого интервала концентрация паров растворителя слишком низкая, для того чтобы произошел взрыв; выше же данного интервала концентрация кислорода слишком низка для взрыва. Пределы взрываемости выражают в объемных процентах или в г/м³ при 1013 гПа.

В таблице 2 Приложения 1 приведены характеристики некоторых органических растворителей. В качестве растворителей в реставрации используют следующие классы соединений⁶⁸ :

Полярные растворители содержат в своей структуре полярные группы, такие как CO, OH, COOH, NH и SH.

В состав данных растворителей входят: этиловый спирт, денатурированный этиловый спирт, пропиловый спирт, изопропиловый спирт; простые эфиры, такие как диоксан и диоксолан; сложные эфиры, например, этилацетат, бутилацетат и амилацетат; азот- и серосодержащие растворители, к которым относятся диметилацетамид, диметилформамид и диметилсульфоксид; а также альдегиды и кетоны, например, ацетон и метилэтилкетон.

К *неполярным растворителям* относятся ароматические вещества, такие как толуол, ксилол, реже бензол и сольвент; продукты перегонки нефти – бензин и уайт-спирит; и продукты перегонки дерева – пинен и скипидар. Растворители обладают различными свойствами, в том числе температурой кипения, которая определяет скорость испарения. Чем выше температура кипения, тем медленнее растворитель испаряется. Скорость испарения растворителя зависит от его летучести: чем летучесть выше, а температура кипения ниже, тем быстрее он испаряется.

Опасность растворителя для человека определяется предельно допустимой концентрацией (ПДК) в воздухе: чем меньше ПДК, тем выше его токсичность. К растворителям предъявляются следующие основные требования: они должны полностью испариться в сжатые сроки, не оказывать негативного влияния на художественные и другие авторские материалы, а также быть безопасными для здоровья человека. При выборе растворителя необходимо руководствоваться главным принципом: от менее агрессивного к более сильному. В процессе очистки растворители проникают в красочный слой с разной скоростью и остаются в нем на разное время. Данные таблицы 13 показывают, что для полного выведения растворителей из картины после ее реставрации необходимо от 30 до 70 суток⁶⁹.

⁶⁸ Там же. С. 36, 40, 50.

⁶⁹ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордошина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М: Изд-во Индрик, 2022. С. 60–61.

Таблица 13. Содержание растворителя и время удержания в красочном слое⁷⁰

Растворители в порядке возрастания проникающей способности	Температура кипения, °С	Содержание растворителя в красочном слое, % от ...до	Время удержания в красочном слое, сутки от ...до
Изопропиловый спирт	82	41-10	40-10
Этиловый спирт	78	10-3	35-5
Метиловый спирт	64	12-3	70-15
Ацетон	56	12-3	45-10

При расчистке темперной живописи, укрепленной глютиновыми клеями следует иметь в виду, что при использовании сильных растворителей может происходить вымывание пластификатора (меда).

Также растворители взаимодействуют со связующим темперной живописи, в результате чего тональность живописи изменяется.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что в качестве органических растворителей используются представители таких классов низкомолекулярных органических веществ как:

- Спирты;
- Простые эфиры;
- Сложные эфиры;
- Кетоны;
- Алифатические углеводороды;
- Ароматические углеводороды;
- Азот и серосодержащие вещества.

В зависимости от своего химического строения, от наличия полярных функциональных групп все органические растворители подразделяются на:

- Полярные;
- Неполярные.

В реставрационной практике органические растворители используются:

- Индивидуально;
- В составе смесевых растворителей, выпускаемых в промышленных масштабах;

• В составе специально разработанных реставраторами смесевых составов для проведения операций очистки и удаления слоев.

В состав смесевых растворителей или составов (смывок) включают органические растворители, отличающиеся по своей растворяющей способности, полярности и летучести.

⁷⁰ Там же. С. 62–63.

Ниже приведен состав ещё одного распространенного смесового растворителя 648 (ГОСТ 18188-72) в % (масс.):

- Бутилацетат – 50;
- Бутиловый спирт – 10;
- Этиловый спирт – 20;
- Толуол – 20.

Необходимо отметить, что при работе с органическими растворителями необходимо соблюдать правила техники безопасности. Работы надо проводить с использованием средств защиты (халаты, перчатки, респираторы) и при включенной вентиляции.

Основной величиной, характеризующей степень вредности химических соединений является предельно допустимая концентрация (ПДК), которая означает, что при длительном воздействии веществ в такой концентрации не будет происходить заболеваний человека и патологических изменений в его организме.

Наряду с предельно допустимой концентрацией важной характеристикой является классификация органических растворителей по классам опасности, то есть по степени их воздействия на организм человека. Различают 4 класса опасности:

- 1 класс. Чрезвычайно опасные. Эти растворители не применяются для проведения работ.
- 2 класс. Высоко опасные. К этому классу относят бензол, дихлорэтан.
- 3 класс. Умеренно опасные. Например, ксилол, бутиловый спирт, пропиловый спирт.
- 4 класс. Мало опасные. Например, скипидар, уайт-спирит, бензин, сольвент.

Вопросы для самоконтроля к Главе 5

1. К какому классу органических соединений относятся вещества, содержащие функциональную группу -ОН?
2. К какому классу органических соединений относятся вещества, содержащие функциональную группу -О-?
3. Укажите полярные растворители, входящие в состав смесового растворителя 646.
4. Какой из органических растворителей, входящих в смесовой растворитель 648, является неполярным?
5. Укажите наиболее вредный органический растворитель, исходя из значения ПДК (мг/м³).
6. Укажите наиболее вредный органический растворитель, исходя из его класса опасности.

Глава 6. Классификация реставрационных материалов в зависимости от вида повреждений и степени сохранности конкретного реставрируемого объекта

Предметы, поступающие в реставрацию, обычно прошедшие через долгий жизненный путь, сохраняют на себе отпечатки прошлого. Их преимущественно иллюстрируют те или иные изменения и повреждения материальной основы и внешнего вида, композиции объекта. Выбор реставрационного материала всегда зависит в том числе и от вида повреждений. Каждый реставрируемый объект индивидуален, поэтому выбор реставрационного материала подбирается не только по материалу объекта, но и по специфике его повреждений В табл. 14 представлены растворители для удаления различных загрязнений.

Таблица 14. Растворители для удаления загрязнений⁷¹

Удаляемые загрязнения	Растворители
Жиры, масла	Этиловый спирт, изопропиловый спирт, предельные углеводороды, хлорированные углеводороды
Олифа	Смесь этилового спирта и скипидара
Лаки, природные смолы	Ацетон, этиловый спирт, толуол, ксилол
Воски	Скипидар, бензин, уайт-спирит, хлороформ
Парафин	Толуол, ксилол
Масляная краска	Диметилацетамид, диметилсульфоксид, петролейный эфир
Казеиново-масляная темпера	Метилцеллозолье
Поливинилацетатная темпера	Этиловый спирт, ацетон, этилацетат

Загрязнение поверхности памятника

Безусловно, все виды памятников, начиная от живописи и заканчивая предметами прикладного искусства, подвержены поверхностным загрязнениям. К загрязнениям относятся пыль, сажа и другие загрязнения, появляющиеся из воздуха. Также, загрязнения имеют биологическое либо синтетическое происхождение.

Очистка поверхностных загрязнений зависит от характера загрязнений, материала реставрируемого объекта и его степени сохранности. Чаще всего, применяются механические и химические способы очистки произведения. Обычно расчистку объекта начинают с небольших участков: загрязнения

⁷¹ Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. С. 73.

снимают при помощи дистиллированной воды или раствором хозяйственного или детского мыла. Однако, иногда очистка памятника не может пройти без использования растворителей различных видов. Параллельно с удалением поверхностных загрязнений, реставраторы могут использовать различные вещества, способствующие борьбе с различными плесневелыми грибами, спорами или бактериями, которые несут собой разрушение живописи.

Кроме того, среди видов загрязнений существуют «лисы пятна» и «мушинный засид», другими словами – симптомы бумажной болезни. Из-за повышенной влажности или продуктов жизнедеятельности насекомых, происходит рыжее окисление поверхности бумаги. Также, если в составе бумаги находится много лигнина, то со временем происходит изменение цвета бумаги (желтеет), разрушается ее структура и отслаивается краска. Лечение бумаги происходит за счет применения мучного пшеничного клея, который восстанавливает механические свойства бумаги. С восстановлением механических свойств бумаги, происходит возвращение свойств красок.

Поверхностные повреждения памятника (вздутия красочного слоя, кракелюр, разложение лака, коробления основы)

Из-за несоблюдения общепринятых требований к хранению памятника, на красочном слое зачастую могут образоваться следующие виды повреждений:

- вздутия;
- кракелюр;
- разложение лака
- коробления основы.

Соответственно, для каждого вида повреждения нужен персональный подход по его устранению.

Вздутие или «сседание» красочного слоя достаточно частое явление. Как правило, оно происходит из-за воздействия влаги и выражается в частичном отслоении краски от грунта или основы. Так как живопись представляет собой слоистую систему, каждый слой по-разному реагирует на изменение влажностного режима: так, например, красочный слой менее подвержен влиянию влаги, чем основа, в связи с чем происходит разность в натяжениях, что приводит к образованию выпуклостей, которые отслаиваются от грунта и трескаются, образуя кракелюр.

Кракелюр – это трещины, появляющиеся на лаке, красочном слое и/или грунте. Он может образоваться из-за перепада температур, неправильного хранения или механического воздействия: ударов или сворачивания холста наизнанку. Более того, кракелюр со временем появляется от растяжки основы, по направлению волокон холста или по рисунку наростов в деревянной основе.

Опасным является тот кракелюр, у которого края отстанут от поверхности картины, поскольку такие фрагменты могут отпасть. Устранение кракелюра происходит при помощи проклеек с использованием рыбьего клея (однако он сильно восприимчив к изменению влажности) и воска. Клей подводят к участку с помощью тонких кисте, шприцев и бумажных заклеек. Воск подводят при помощи нагретого шпателя и тонкой папиросной бумаги. Операция проводится с целью возможного отпадания краски и грунта.

Со временем лак изменяется: он может белеть, темнеть, терять прозрачность и осыпаться. Для регенерации лака используют ящик Петтенкофера – параллелепипед из фанеры без крышки, высота которого обычно не превышает 4 см. Ящик Петтенкофера работает следующим образом: ткань, приклеенную к дну ящика, пропитывают этиловым спиртом, после чего ящик переворачивают дном вверх и оставляют на месте, где необходимо провести регенерацию лака. Пары спирта воздействуют на лак, размягчая его и восстанавливая его прозрачность. Регенерацию лака, как правило, начинают с пробных небольших участков, а уже потом переходят к более крупным.

Коробление досок/делянок деревянной основы – искривление, возникающее из-за колебаний температурно-влажностного режима и неравномерной поперечной усушки древесины. Также разрушение досок зависит от дефектов строения древесины и ее методов/качества обработки. В зависимости от степени деформации деталей, подбирается метод устранения коробления. Так, с помощью пропарки и просушки устраняют некоторые деформации.

Утраты (основы, красочного слоя, грунта)

Утраты чаще всего возникают в связи с физическими повреждениями: прожоги, пробоины, выпадения любой формы и размера, трещины и сколы с обнажением грунта и др. Для восполнения этих утрат применяются различные материалы.

Наиболее распространенной основой для живописи является холст. Повреждения холста представляют собой разрывы полотна. Восполнение этих утрат происходит следующим образом: изначально происходит очистка загрязнений по краям прорыва, затем с помощью глазного скальпеля берутся нити того же холста и сплетаются в соответствии с переплетением. Кроме разрывов существуют различные деформации, которые представляют собой растянутые участки или ребристость. В таком случае используются методы уплотнения полотна, его разглаживания и иногда увлажнения

В случае утрат грунта и красочного слоя используют метод заделки образовавшихся пустот мастикой (реставрационным грунтом) путем нанесения реставрационного грунта мастихином, с последующим шлифованием пробкой, смачиваемой дистиллированной водой. Более сложные операции подразумевают укрепление осыпающегося красочного слоя или грунта. Эти

операции сопровождаются профилактическими заклеями, для которых используют раствор осетрового клея.

Места утрат, восполненные с помощью реставрационного грунта, тонируют. При восполнении утрат тонировки производятся только в пределах утрат; цвет тонировок подбирается таким образом, чтобы они были светлее авторской живописи для того, чтобы их можно было идентифицировать как реставрационные вмешательства в будущем. Следует отметить, ко всем материалам, независимо от вида объекта реставрации, предъявляются общие требования.

Вопросы для самоконтроля к главе 6

1. Приведите примеры загрязнений поверхности памятников.
2. Какие материалы требуются для очистки произведений живописи от загрязнений?
3. Какие растворители для удаления жировых пятен вы можете назвать?
4. Назовите известные вам виды поверхностных повреждений красочного слоя и основы произведений станковой живописи.
5. Для чего в реставрации используют ящик Петтенкофера?
6. Какой кракелюр считается опасным?
7. Какие реставрационные операции проводятся в случае утрат основы произведения, красочного слоя, грунта?

Глава 7. Новые материалы и технологии в практике реставрации музейных экспонатов⁷²

Адгезивы в реставрации используют для дублирования на новую основу укрепления красочного слоя.

Синтетические аналоги воско-смоляных мастик

Beva 371 – термопластичнейшей обратимый композиционный материал на основе сополимера этилена с винилацетатом, содержащий парафин и синтетическую смолу, обеспечивающую липкость. В готовом виде материал представляет собой 40–50% раствор и имеет вазелиноподобную консистенцию. Растворяется в бензине и толуоле.

Исходный продукт разбавляют до 20% концентрации, перед нанесением подогревают на водяной бане до прозрачного состояния.

В некоторых случаях перед нанесением *Beva 371* требуется проклейка 20% раствором *Paraloid B-72* – температура максимальной адгезии 52°C, для адгезива требуется точное соблюдение температурного режима. Для раздублировки достаточно теплового воздействия утюгом.

Adhesive Wax 443-95 – аналог воско-смоляной мастики, сплав микрокристаллического воска и политерпеновой смолы.

Загущенные акриловые дисперсии

Lascaux Acrylic Adhesive 360 HV – водная дисперсия на основе сополимера бутилакрилата и метилметакрилата, загущенную полиметакриловой кислотой. Разбавляется водой до требуемой концентрации. Образует влагостойкую высоко – эластичную пленку.

Lascaux Acrylic Adhesive 498 20 X – водная полимерная дисперсия на основе бутилакрилата, размер частиц 0,1–0,2 мкм, загущенная ксилолом (20%). Быстро сохнет и обладает хорошей липкостью.

Plextol B500 – водная дисперсия на основе сополимера бутилакрилата и метилметакрилата с акриловой кислотой, которая является внутренним пластификатором. М.м. 100 000, размер частиц – 10^{-4} см, количество микромолекул в частице 10^7 .

Plextol D360 и D498 – водная дисперсия на основе н-бутилакрилата и метилметакрилата, разбавляются водой.

Primal AC643 – водная дисперсия сополимера этилакрилата с метилакрилатом.

Lascaux Hydro – Primer 750 – водная акриловая дисперсия (30%) с размером частиц 0,06 мкм, без растворителя и пластификатора, РН 8–9, разбавля-

⁷² Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 66.

ется водой. Характеризуется высокой проникающей способностью, образует полупрозрачные пленки.

В виде консолидантов применяются различные кремнийорганические материалы различных классов (силанов, силаксанов, силазанов).

Защитные покрытия

Взамен природных смол предложены синтетические лаки – низкомолекулярные синтетические смолы класса циклогексанонов (Resin K, Resin N), полибутилметакриловые полимеры (Elvacite 2044, 2045, Acryloid B67, Lascaux Varnish 575), гидрогенизированные углеводородные смолы (Arcor P90, Regalrez 1094).

Синтетические клеи и лаки⁷³

ALKYDRESIN – алкидные смолы – термореактивные полимеры, получающиеся в результате реакции этерификации полифункциональных кислот полиспиртами (гликолями, глицерином и т.д.). При производстве красок на основе алкидных смол их обычно комбинировали с маслами (подсолнечным, соевым, льняным и т.д.). После высыхания образуют долговечные, стойкие, нежелтеющие краски. Shortoilalkyd – малосодержащие алкидные смолы с наибольшим содержанием масла (35–40%) обычно использовались для нанесения термотверждаемых эмалевых покрытий на металле. Longoilalkyd – алкиды, модифицированные большим количеством масла (56–70%) используются для покраски домов, для живописи и в качестве лаков. Характеризуются хорошей цветостойкостью, высыхают быстрее чем обычные масляные краски. Алкидные смолы образуют блестящую, твердую, жесткую, долговечную поверхность. В толстом слое имеют тенденцию к растяжению и сморщиванию.

POLYVINYL ACETATE PVA – поливинилацетатная эмульсия; бесцветная, нетоксичная, термопластичная смола, получаемая полимеризацией винилацетата. Используется в качестве связующего художественных и бытовых красок и как бытовой клей. ПВА – дисперсии формируют прозрачные, жесткие пленки, обладающие хорошей атмосферо-, водо- и маслостойкостью. Обладают исходной повышенной липкостью, создают незаметный клеевой шов. Размягчаются при температуре 35–40°C, температура плавления 30–45°C, плотность 1,17–1,20, показатель преломления 1,46–1,47. Пленки ПВА растворимы в бензине, хлороформе, метаноле, ацетоне, бутилацетате. Нерастворимы в лигроине, диэтиловом эфире, бутаноле, терпинтине, воде и масле. При выдерживании в течение 16 часов при температуре 60°C пленки могут адсорбировать 3–5% воды. ПВА – дисперсия горит темно-желтым пламенем с запахом уксусной кислоты.

⁷³ Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы: терминологический словарь-справочник. М. : Р. Валент, 2013. С. 90–91.

ELVACE 45675 – термопластичный адгезив на основе ПВА, рекомендован для выполнения переплетных работ и реставрации бумаги, картона, предметов из кожи.

JADE 403 – высококачественный поливинилацетатный клей, используется в реставрации книг для брошюровки, переплетных работ, склейки бумажных листов, для подклейки обложек книг к деревянной основе, склейки кожи, для заполнения трещин при реставрации картин и предметов из керамики.

JADE 711 – бескислотный адгезив на основе ПВА, аналог JADE 403, лишенный неприятного запаха. Характеризуется высокой адгезией к бумаге, ткани, картону, холсту, кожу и пластикам.

JADER – аналог JADE 403, обратимый клей, пленки растворимы в воде.

PROMACTOA-1023 – дисперсия на основе сополимера ПВА, образующая жесткие, быстро сохнущие пленки. Обладает исходной липкостью, пленки клея обратимы, легко растворяются в воде.

COLLE BLANCHE PVA FLEXIPLE – водная дисперсия на основе поливинилацетата, модифицированная для всех видов музейной реставрации. Производитель Франция.

DMC2 – водная дисперсия на основе полимера поливинилацетата с пластификатором – дибутилмалеином, pH 4–5, $T_{ct} +10^{\circ}C$.

EVACON-RTM – водная дисперсия на основе сополимера этилена с винилацетатом, применяется для реставрации документов на бумажной основе.

VINAMUL 3252 – адгезив, дисперсия на основе сополимера винилацетата с этиленом, pH 4–5, $T_{ct} 30^{\circ}C$, производитель Великобритания.

VINAMUL 3254 – адгезив, дисперсия на основе сополимера винилацетата с этиленом, pH 4–5, $T_{tg} 0^{\circ}C$, производитель Великобритания.

VINAVIL (59-BleuNPC) – дисперсия на основе сополимера винилацетата с этиленом.

VINAPAS (CEF 10-SAF 54) VINAPASEP 1 (WackerChemical) – дисперсия на основе сополимера винилацетата с этиленом, содержит виниловый спирт, гидролизованный полиакрилат и мыло. $T_{ct} 30^{\circ}C$, pH 4, применяется для реставрации текстиля.

ALCOOL POLYVINYLIQUE – поливиниловый спирт, твердый полимер, применяется для реставрации бумаги, живописи, текстиля. Производство Франция.

Полимеры класса акрилатов

LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 498 – водная дисперсия на основе полибутилметакрилата, применяется при реставрации станковой и настенной живописи для подклейки шелушащегося красочного слоя. Производитель Швейцария.

LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 498 HV – высоковязкая водная дисперсия на основе сополимера бутилакрилата и метилметакрилата, загущенная толуолом (40%) или бутиловым эфиром акриловой кислоты, содержит биоцидные добавки, pH 8–9, $T_{ст}$ 26°C. Разбавляется водой, после высыхания пленки не растворимы в воде, уайт-спирите, лигроине. Растворимы в ацетоне, этаноле, этиленгликоле, толуоле и ксилоле. Минимальная температура формирования пленок +5°C. Высохшая пленка при высыхании имеет небольшую липкость, которая возрастает при смачивании толуолом, спиртом или при нагревании до 75°C. После высыхания формирует эластичные пленки, повышенной прочности с относительным удлинением 400%. Применяется для склейки холста с картоном, деревом, стеклом, штукатуркой и цементом; для укладки жесткого краклеюра и вздутий красочного слоя; рекомендован для сухого и влажного дублирования на различных подложки.

LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 498-20X – адгезив того же состава, загущенный ксилолом (20%). Рекомендован для дублирования кромок, для реставрации текстиля.

LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 360 – дисперсия на основе сополимера бутилметакрилата с бутилакрилатом, высоковязкая, pH 8–9, $T_{ст}$ 6°C, относительное удлинение пленки 400%. Применяется для тех же целей что и предыдущий адгезив. Пленки имеют повышенную прочность.

LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 360 HV – дисперсия на основе сополимера бутилметакрилата с бутилакрилатом, загущенная бутиловым эфиром акриловой кислоты, содержит биоцидные добавки. pH 8–9, $T_{ст}$ 28°C, формирует пленки высокой эластичности с остаточной липкостью, особенно успешно применяется для дублирования картин на новый холст и дублирования кромок. Разбавляется водой.

LASCAUX HYDRO SEALER 750 – водная дисперсия на основе акрилового сополимера с малым размером частиц (0,006 мкм) 30% концентрации, pH 9-

Рекомендована для консолидации разрушенной живописи, грунтов. Для лучшего проникновения добавляют поверхностно-активные вещества в концентрации не более 0,1%. Пленки растворимы в ацетоне, этаноле, толуоле и ксилоле. Нерастворимы в воде.

LASCAUX P 550-40 TB-ACRYLIC RESIN – 40% раствор бутилметакрилата в бензине (100/140). Пленки растворимы в уайт-спирите, ксилоле, толуоле, ацетоне, частично растворимы в этиловом и изопропиловом спиртах. Используется для укрепления красочного слоя, дублирования тонкого текстиля и в качестве покровного лака.

LASCAUX WELDING POWDER 5060 – термопластичная смола (Nylon 12) с температурой плавления около 80°C. Используется в качестве клея расплава при реставрации изделий из текстиля и кожи.

PLEXTOL B500 (ROHAMERE B500) – молочно-белая водная дисперсия на основе сополимера этилакрилата и метилметакрилата, размер частиц 0,1 мкм. Используется в качестве диспергирующего агента, загустителя и проклеющего материала при производстве чернил, красок, клеев, текстильных и бумажных изделий, для создания тонких пленок на бумажных обложках. Плотность 1,08, растворима в этаноле, ацетоне. Содержание твердого вещества 49–51%, pH 9–10, срок хранения 12 месяцев, время отверждения 2 часа.

PLEXTOL D360 – дисперсия сополимера метилметакрилата с бутилакрилатом.

PLEXTOL D360 HV – загущенная.

PRIMAL AC-33 – сополимер этилакрилата (60) с метилметакрилатом (40), водная дисперсия, pH 9,2, размер частиц 0,1 мкм, температура стеклования 16°C.

PRIMAL AC-61 – то же, что и B60A, E330S, H 9,8, размер частиц 0,1 мкм, температура стеклования 16°C.

PRIMAL AC-73 – сополимерная дисперсия, pH 9,5, размер частиц 0,1 мкм, температура стеклования 32°C.

PRIMAL AC-634 – сополимерная дисперсия на основе метилметакрилата (35) и этилметакрилата (35), pH 9,8, размер частиц 0,1 мкм, температура стеклования 12°C.

PRIMAL N-560 – pH 8, размер частиц 0,1 мкм, используется для производства липкой ленты.

PRIMAL WS-24 – pH 7, размер частиц 0,003 мкм, температура стеклования 39°C.

PRIMAL WS-50 – pH 7,1, температура стеклования 36°C.

AC-61, -634, WS-24, 50 – дисперсии, рекомендованы для реставрации настенной живописи и изделий из кости.

RHOPLEX B-60A (PRIMALB-60A) – водная акриловая дисперсия концентрации 46–47% на основе сополимера этилакрилата с метилакрилатом, pH 9,4–9,9. Минимальная температура образования пленок +9°C. Используется для консолидации кирпичной кладки, известняка, цемента, штукатурки.

RHOPLEX AC-33 – акриловая водная дисперсия на основе сополимера метилакрилата, этилакрилата, этилметакрилата, 46,5% при pH 9,4–9,7. После высыхания образуются пленки, стойкие к действию воды. Производство прекращено, взамен выпускается *RHOPLEX B-60A* – консолидатор для реставрации бумаги.

RHOPLEX N-580, AC33, 1970 – высокомолекулярная акриловая водная дисперсия, обеспечивает высокую адгезию к бумаге, текстилю, к другим твердым поверхностям, pH 7,7. Обычно используется для склеивания тонкой бумаги.

RHOPLEX MC-76 – акриловая водная дисперсия, разработанная для покрытия поверхностей из цемента и камня. Низковязкая, поступает в продажу с содержанием сухого вещества в размере 46–48%, pH 9,5–10, температура пленкообразования не ниже 10°C.

TEXICRYL 13-002– дисперсия сополимера этилакрилата (65) и метилакрилата(35), загущенная ксилолом (20%). pH 9–9,5, размер частиц 0, 25 мкм, температура стеклования 16+/- 3°C.

PARALOID B44, B66, B82 – применяется в виде растворов полимеров в спиртах.

PARALOID B72 (ACRYLOID B72) – в виде гранул (марка SY7) и в виде готового раствора (SY7F) в ацетоне 20% концентрации. Сополимер этилметакрилата с метилакрилатом (70/30), температура стеклования 40°C, образует эластичные пленки. Растворяется в ароматических растворителях – толуоле и ксилоле. Не желтеет, термопластичен. Рекомендован при реставрации: настенной живописи (1–5%), для укрепления грунта или красочного слоя масляной живописи (5–10% в толуоле или изопропанол), для укрепления разрушенной древесины мебели и полихромной скульптуры (5–20%), в сочетании с наполнителем – для заделки летных отверстий (30%), для укрепления штукатурки (путем двукратной пропитки 15% концентрации или однократной 25%), в качестве фиксатива при реставрации живописи, выполненной карандашом, мелом, углем(2–4% раствор в толуоле или изопропанол), для склейки стекла, керамики (в ацетоне), в качестве лака-фиксатива, для сохранения различных надписей или маркировок на предметах прикладного искусства (20%-ый раствор в ацетоне), в качестве связующего пигментов при выполнении тонировок.

PARALOID B44 – торговая марка термопластичной акриловой смолы, образующей прозрачные бесцветные пленки. Сополимер метилметакрилата и этилакрилата. Используется в реставрации живописи, в качестве покрытий на металле и подслоя при нанесении на металл лака Inccralac. Он образует твердые и гибкие пленки, которые после длительной выдержки в атмосферных условиях желтеют и становятся труднорастворимыми. Производится в виде твердых таблеток или в 40% растворе в толуоле (PARALOID B44S), $T_{ст}$ 60°C, показатель преломления 1,89. Растворим в толуоле, ксилоле, целлозольве, ацетатах, ацетоне, метилэтилкетоне.

ELVACITE 2044 – н-бутилметакрилат, термопластичный высокомолекулярный полимер, растворяется в циклозоле, уайт-спирите, ксилоле, льняном масле, терпентине. Используется в качестве лака, в виде растворов. После испарения растворителя образует эластичные пленки, температура стеклования 15°C.

ELVACITE 2045 – изобутилметакрилат, температура стеклования 55°C.

ELVACITE 2046 – сополимер н-бутилметакрилата и изобутилметакрилата (50/50), температура стеклования 35°C.

PARALOID B67 – полиизобутилметакрилат, применяется в виде раствора в ароматических (в ксилоле и толуоле) и алифатических растворителях, а также в уайт-спирите. Образует пленки высокой твердости. Температура стеклования 50°C. Совместим со смолами и масляно-смоляными лаками, часто используется в качестве модификатора масляных красок (повышает твердость, скорость высыхания красочного слоя, снижает выцветание). Рекомендуется в качестве лака для картин, в виде добавки в покровные материалы, укрепляющей их высыхание и повышающей твердость пленки. Характеризуется устойчивостью к старению, высоким температурам, химически инертен, практически не взаимодействует с пигментами.

PARALOID F-10 – акриловый сополимер с температурой стеклования 20°C.

PLEXIGUM N-80 – раствор полиизобутилметакрилата в бензине.

PLEXIGUM M-345 – полиметилметакрилат, рекомендован в качестве защитного покрытия на стекле, на изделиях из серебра.

SINTOBOIS (CLAIR-CLAIR /FONCE-FONCE) – клей для дерева, раствор цианакрилата, применяется для склеивания деревянных фрагментов.

SOLACRYL BMX раствор сополимера метилметакрилата сбутилметакрилатом в ксилоле.

SOLACRYL BT-55 – тот же раствор, в толуоле.

Вопросы для самоконтроля к главе 7

1. Приведите примеры новых синтетических материалов и назовите области их применения в реставрации.
2. Какие синтетические клеи можно было бы порекомендовать для дублирования холста?
3. Приведите примеры синтетических лаков.
4. Какие акриловые полимеры и сополимеры вы знаете? Назовите области их применения
5. Что представляет из себя PARALOID B72 (ACRYLOID B72), где он применяется?
6. Опишите известные вам полимеры класса LASCAUX, чем отличается LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 498 от LASCAUX ACRYLIC ADHESIVE 498HV? Каковы области применения данных полимеров в реставрации?
7. Что представляет из себя Beva 371 и где применяется данный материал?

Вопросы итогового контроля успеваемости по дисциплине «Реставрационное материаловедение»

1. Основные классы органических и неорганических соединений, используемых в реставрации.
2. Основные классы органических соединений, используемых в реставрационной практике.
3. Критерии выбора материалов для реставрации.
4. Неорганические материалы, применяемые в реставрации предметов декоративно-прикладного искусства. Их классификация и применение.
5. Классификация органических соединений, применяемых в реставрации предметов декоративно-прикладного искусства.
6. Органические и неорганические кислоты и соли, их применение в реставрации предметов декоративно-прикладного искусства.
7. Органические растворители. Классификация, правила безопасной работы с растворителями. Их применение в реставрации.
8. Полимеры в реставрации. Классификация полимеров, различные методы получения. Поликонденсация и полимеризация как методы получения полимерных материалов.
9. Природные и искусственные полимеры, их различные области применения в реставрации. Термопластичные и терморезистивные полимерные материалы.
10. Очистка и укрепление поверхностей различной природы, консервация и реставрация.
11. Спирты и кетоны. Особенности строения, классификация, применение в реставрационной практике.
12. Простые и сложные эфиры. Основные представители, применение в реставрационной практике.
13. Реставрационные материалы на основе растительных масел. Олифы, масляные лаки.
14. Природные смолы, классификация и применение.
15. Природные белковые соединения, применение в реставрационной практике.
16. Воска и воскосмоляные композиции в реставрационной практике.
17. Материалы класса акрилатов, виды, применение в реставрационной практике.
18. Кремнийорганические материалы, применение в реставрационной практике.
19. Фторсодержащие полимеры, материалы класса эпоксидов и полиуретанов.
20. Новые материалы и технологии в практике реставрации музейных экспонатов.

Заключение

Данное методическое пособие разработано на основе части лекционного материала по дисциплине «Реставрационное материаловедение» для студентов кафедры реставрации и экспертизы объектов культуры Санкт-Петербургского государственного института культуры.

Курс «Реставрационное материаловедение» для памятников станковой живописи и предметов декоративно-прикладного искусства посвящен ознакомлению студентов с основными типами химических препаратов и реставрационных материалов, используемых в реставрации памятников декоративно-прикладного искусства и станковой живописи, а также с физико-химическими и технологическими свойствами реставрационных материалов, так как в настоящее время без этих знаний невозможно грамотно и ответственно осуществлять реставрационные процессы. Особенно это связано с появлением большого количества новых синтетических реставрационных материалов, неграмотное и безответственное применение которых в реставрации может привести к необратимым последствиям для памятников изобразительного и декоративно-прикладного искусства.

Методическое пособие разработано в соответствии с основными целями курсов по подготовке специалистов реставрационного профиля, призвано дать теоретическую базу и ознакомить студентов с источниками информации, позволяющими ориентироваться в частных вопросах, возникающих при решении практических задач по реставрации объектов культурного наследия.

Рекомендованная литература

Основная литература

1. Гренберг Ю. И. Масляные краски XX века и экспертиза произведений живописи : учеб. пособие / Ю. И. Гренберг, С. А. Писарева. – Москва : Планета музыки, 2022. – 192 с. – ISBN 978-5-507-45315-3
2. Гренберг Ю. И. Технология станковой живописи. История и исследование : учеб. пособие для СПО / Ю. И. Гренберг. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Планета музыки, 2025. – 336 с. – ISBN 978-5-507-54177-5.
3. Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А. Дринберг, Э. Ф. Ицко. – СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. – 216 с. : ил. – ISBN 5-93808-056-8.
4. Иванова Ю. В. Носители для раскрытия живописи (поливиниловый спирт) : науч. изд. / Ю. В. Иванова, С. В. Филатов. – Москва : Индрик, 2024. – 112 с. – ISBN 978-5-91674-739-3.
5. Малачевская Е. Л. Базовая методика реставрации монументальной темперной и масляной живописи с применением акрилового сополимера АК-211 в форме водной дисперсии и раствора в органических растворителях: научно-методическое пособие / Е. Л. Малачевская, О. Н. Беляевская; Государственный научно-исследовательский институт реставрации. – Москва : ГОСНИИР, 2023. – 22 с. : ил.
6. Никитин М. К. Химия в реставрации: справ. изд. Переиздание исправленное и дополненное. / М. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – СПб : Центр ТЕХИНФОРМ, 2002. – 304 с. – ISBN 5-900772-08-X.
7. Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордюшина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. – Москва : Индрик, 2022. – 232 с. – ISBN 978-5-91674-686-0.
8. Сорокин М. Ф. Химия и технология пленкообразующих веществ : учебник для вузов / М. Ф. Сорокин, З. А. Кочнова, Л. Г. Шодэ. – Москва : Химия, 1989. – 480 с. – ISBN 5-7245-0242-9.
9. Федосеева Т. С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства / Т. С. Федосеева. – Москва : РИО ГосНИИР, 1999. – 120 с.
10. Федосеева Т. С. Реставрационные и живописные материалы : терминологический словарь-справочник / Т. С. Федосеева. – 2-е изд. – Москва : Р. Валент, 2013. – 136 с. – ISBN 978-5-93439-440-1.

Дополнительная литература

1. Алексеев-Алорви Ю. В. Красочное сырье и краски, используемые в живописи : анализ и описание природ. минер. и орган. сырья, рецепты приготовления красок / Ю. В. Алексеев-Алорви. – Москва : ГРААЛЬ, 2000. – 307 с.
2. Алексеев-Алорви Ю. В. Основания и грунты для станковой живописи. Секреты ремесла живописи (иллюстрированный справочник для худож-

ников) / Ю. В. Алексеев-Алюрви. – Самара : Самарский дом печати, 2010. – 208 с. : ил. – ISBN 978-5-91866-001-0.

3. Алёшин А. Б. Реставрация станковой масляной живописи : учеб. пособие / А. Б. Алёшин. – Москва : Художественная школа, 2013. – 223 с. – ISBN 978-5-904352-06-6.

4. Аль-Нуман Л. Витраж в архитектуре / Л. Аль-Нуман, А. Глазков. – Москва : АМА-Пресс, 2006. – 208 с.

5. Антонян А. С. Скульптура из музейных собраний. Консервация и реставрация / А. С. Антонян, Л. В. Солоцинская. – Москва : ВХНР им. И. Э. Грабаря, 2009. – 144 с. – ISBN 978-5-91340-028-4.

6. Байер В. Е. Материаловедение для архитекторов, реставраторов, дизайнеров : учеб. пособие / В. Е. Байер. – Москва : Астрель, 2005. – 250 с. : ил. – ISBN 5-271-07731-4.

7. Байер В. Е. Строительные материалы : учебник / В. Е. Байер. – Москва : Архитектура-С, 2004. – 240 с. : ил. – ISBN 5-9647-0007-1.

8. Бобров Ю. Г. Консервация и реставрация станковой темперной живописи : учеб. пособие / Ю. Г. Бобров, Ф. Ю. Бобров. – Санкт-Петербург : Ин-т имени И. Е. Репина, 2007. – 226 с. – ISBN 978-5-903677-03-0.

9. Вибер Ж. Живопись и ее средства : пер. с франц. / Ж. Вибер. – Москва : Изд-во Академии художеств, 1961. – 232 с.

10. Карякина М. И. Испытания лакокрасочных материалов и покрытий / М. И. Карякина. – Москва : Химия, 1988. – 272 с.

11. Киплик Д. И. Техника живописи / Д. И. Киплик. – Москва : Сварог и К, 2001. – 503 с. – ISBN 5-93070-014-1.

12. Клокова Г. С. Реставрация произведений станковой темперной живописи : учеб. пособие / Г. С. Клокова, И. М. Еремина, О. В. Демина. – Москва : ПСТГУ, 2018. – 240 с. – ISBN 978-5-7429-1164-7.

13. Княжицкая Т. В. Витражи Петербурга / Т. В. Княжицкая. – Санкт-Петербург : Дмитрий Буланин, 2006. – 114 с. : ил. – ISBN 5-86007-526-X.

14. Комаров А. А. Технология материалов стенописи : учеб. пособие / А. А. Комаров – Москва : Изобраз. искусство, 1989. – 240 с.

15. Миклашевский А. И. Технология художественной керамики : практ. рук-во в учеб. маст. / А. И. Миклашевский. – Ленинград : Изд-во литературы по строительству, 1971. – 302 с. : ил.

16. Миронова А. Ф. Экспертиза и атрибуция изделий декоративно-прикладного искусства : учеб. пособ. / А. Ф. Миронова. – Москва : Издательство ФОРУМ, 2024. – 96 с.

17. Михайлов А. Консервация сухой и влажной археологической древесины / А. Михайлов. – София : София-пресс, 1984. – 144 с.

18. Мюллер Б. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур / Б. Мюллер, У. Пот. – Москва : Пейнт-Медиа, 2007. – 237 с.

19. Никитин А. М. Художественные краски и материалы : справочник : учеб.-практ. пособие / А. М. Никитин. – Москва : Инфра-Инженерия, 2016. – 412 с. – ISBN 978-5-9729-0117-3.
20. Пономарев В. Т. Художественное стекло и хрусталь / В. Т. Пономарев. – Москва : АСТ ; Донецк : Сталкер, 2006. – 144 с. – ISBN 5-17-036870-4.
21. Пруцын О. И. Реставрационные материалы : учебник для вузов / О. И. Пруцын. – Москва : Ин-т искусства реставрации, 2004. – 264 с. : ил. – ISBN 5-900-967-23-9.
22. Рабинович В. А. Краткий химический справочник / В. А. Рабинович, З. Я. Хавин. – Москва : Химия, 1978. – 276 с.
23. Реставрация музейной керамики: методическое пособие / Л. Н. Андреева, А. С. Атнонян, Т. И. Барабанова [и др.]. – Москва : ВХНРЦ им. И. Э. Грабаря. – 1999. – 144 с.
24. Стеблевский В. И. Консервация и реставрация книг : метод. рекомендации / В. И. Стеблевский, Н. К. Николаева. – Москва : ВГБИЛ, 1987. – 210 с. : ил.
25. Уразаев В. Г. Растворители / В. Г. Уразаев // Технологии в электронной промышленности. – 2006. – № 1. – С. 44–49.
26. Фармаковский М. В. Акварель. Ее техника, реставрация и консервация / М. В. Фармаковский. – Москва : Изд-во В. Шевчук, 2000. – 296 с.
27. Флёров А. В. Материаловедение и технология художественной обработки металлов : учебник / А. В. Флёров. – Москва : Изд-во В. Шевчук, 2001. – 288 с. : ил.
28. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий : учеб. пособие / А. Д. Яковлев. – Ленинград : Химия, 1981. – 352 с.
29. Яхонт О. В. Возрожденные шедевры (Реставрация скульптуры) / О. В. Яхонт. – Москва : Просвещение, 1980. – 127 с.

Приложение 1. Таблицы

Таблица 1. Свойства природных смол⁷⁴

Название, место добычи	Цвет	Температура размягчения, °С	Кислотное число, мг КОН/г	Число омыления, мг КОН/г	Йодное число, г J ₂ /100 г
Ископаемые и полускопаемые смолы					
Копалы: Мапиа (Восточная Индия) Каури (Новая Зеландия) Конго (Западная Африка) Занзибар (Восточная Африка)	От желтого до темно коричневого	85–180 110–185 150–200 180–300	110–143 57–81 92–115 35–95	158–190 67–124 119–150 60–100	104–130 56–177 111–137 –
Янгарь	От желтого до темно коричневого	280–380	15–35	85–145	50–75

⁷⁴ Реставрационные материалы : курс лекций / Т. С. Федосеева, О. Н. Беляевская, В. И. Гордолопина, Е. Л. Малачевская, С. А. Писарева. М. : Индрик, 2022. С. 35–38.

«Молодые» смолы						
Канифоль	От желтого до темно коричневого	55–75	140–185	145–195	220–265	
Шеллак (Индия, Таиланд)	От лимонного до темно коричневого	77–85	55–75	220–230	8–12	
Даммара (острова Малайского архи- пелага)	От бесцветного до черного	100–150	24–33	27–50	79–127	
Сандарак (Алжир, Марокко, Австра- лия)	От бесцветного до светло-желтого	135–145	117–155	145–157	112–141	
Мастикс (Греция, Индия, Южная Америка)	От желтого до зеле- ного	105–120	50–70	62–90	64–142	
Акароид (Австра- лия, Западная Индия)	Красный или жел- тый	110–134	60–100	65	196–200	

Таблица 2. Характеристики органических растворителей (по данным⁷⁵)

Название	Химическая формула	Молекулярная масса	Плотность при 20°C, г/см ³	Температура кипения, °C	Относительная скорость испарения	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Растворимость в воде г на 100 г	Температура вспышки, °C
Ацетат	C ₅ H ₁₁ COOCH ₃	130	0,875	149	1,3	100	0,18	32
Ацетон	CH ₃ COCH ₃	58	0,792	55,8–56,6	2,1	200	См.	-18
Ацетоуксусный эфир	CH ₃ COCH ₂ COOC ₂ H ₅	130	1,025	180	–	200	14,3	55
Бензиловый спирт	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	108	1,045	205	–	–	4	–
Бензол	C ₆ H ₆	78	0,875	79–80,6	3	5	0,06	-11
n-Бутиловый спирт	C ₄ H ₉ OH	74	0,809–0,815	114–118	33	10	7,9	28–35
трет-Бутиловый спирт	(CH ₃) ₃ COH	74	0,788	82	–	–	p.	9
Бутилацетат	C ₄ H ₉ COOCH ₃	116	0,890	110–145	11,8	200	0,5	25
Гексан	C ₆ H ₁₄	86	0,660	68	–	300	–	-26
Гептан	C ₇ H ₁₆	100	0,683	67–69	–	2000	0,005	-17
Декалин (транс)	C ₆ H ₁₈	138,2	0,869	187	–	100	–	–
Диметилацетамид	CH ₃ CON(CH ₃) ₂	87	0,936	165,5	–	1,0	p.	–
Диметилсульфоксид	(CH ₃) ₂ SO	78	1,01	189	–	–	p.	–
Диметилформамид	HCON(CH ₃) ₂	73	0,944	153	–	10	p.	59
Дюксан	C ₄ H ₈ O ₂	88	1,03	95–105	7,3	10	p.	5

⁷⁵ Дринберг С. А. Растворители для лакокрасочных материалов : справочник – 3-е изд., перераб. и доп. / С. А. Дринберг, Э. Ф. Ицко. СПб : ХИМИЗДАТ, 2003. С. 36, 40, 50.

Дюколан-1,3	C3H6O2	74	1,035–1,050	65–85	–	50	p.	–
1,2-Дихлорэтан	CH3C1CH2C1	99	1,25	83,4	3,5	3	0,9	–
Диэтиловый эфир (этиловый эфир, серый эфир)	C2H5OC2H5	74	0,714	35,6	1	300	7,5	–40
Изоамиловый спирт	(CH3)2CNCN2CH2OH	88	0,810–0,815	128–132	–	360	2,5	40–43
Изопропиловый спирт	(CH3)2CNOH	60	0,783–0,789	79–83	21	980	См.	16
m-Крезол	m-CH3C6H4OH	180	1,03	202	–	–	–	–
m-Ксилол	m-C6H4(CH3)2	106	0,868	139,1	13,5	50	–	29
Метилхлорид (дихлорметан)	CH2C12	84,9	1,32	40–42	2	50	1,6	–
Метилцелозольв	CH3OCH2CH2OH	76	0,966	115–120	34,5	80	–	42
Метилэтилкетон	C4H9COC2H5	72	0,805	77–82	6,3	200	27	–3
Морфин	C4H9NO	87	1,00	128–130	0,5	–	p.	–
Нитробензол	C6H5NO2	128	1,23	211	–	–	0,19	–
Октан	C8H18	114	1,24	0,703	–	2350	–	34
Пиридин	C5H5	79	0,981	115	–	–	–	–
Пропиловый спирт	CH3CH2CH2OH	60	0,802–0,805	95–100	11,1	10	p.	15
Скипидар (пинен)	смесь терпеновых угле- водородов	136	0,858	153–170	–	300	н.р.	–
Тетралин		132	0,971–0,976	206–215	190	100	–	77
Тетрахлорметан	четырёххлористый углерод	153	1,59	76,8	3,3	20	0,08	–
Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	CC1 ₂ =CC1 ₂	166	1,63	121	–	10	1,5	–
Трихлорэтилен	CHCl=CCl ₂	131	1,462	86–97	3,6	10	0,11	–

Уайт-спирит	смесь предельных углеводородов до 16 % ароматических	–	0,762	153–224	39–55	30	–	34
Уксусный ангидрид	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	102	1,082	139	–	5	12	–
Фуруриловый спирт	$\text{C}_4\text{H}_7\text{CH}_2\text{OH}$	98	1,12	171	–	–	–	74
Фурурол (2-фураальдегид)	$\text{C}_4\text{H}_3\text{OCHO}$	96	1,15	161	–	10	–	61
Хлороформ	CHCl_3	119	1,47–1,48	59,5–62	1,9	250	0,82	–
Циклогексанол	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CHOH}$	100	0,962	160	40,3	200	5,7	68
Циклогексанон	$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CO}$	98	0,947	155	40,4	10	2,4	63
Этиловый спирт	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	46	0,790–0,804	78	8,3	1000	p.	14
Этилacetат	$\text{C}_2\text{H}_5\text{COOCH}_3$	88	0,885–0,905	70–80	2,9	200	8,6	–3
Этилцелозольв	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	90	0,927–0,938	130–137	43	740	p.	40

Приложение 2. Примеры тестовых заданий по дисциплине

Тест №1

1. Жиры, входящие в состав желтка куриного яйца, содержат преимущественно:

- а) Насыщенные кислоты;
- б) Ненасыщенные кислоты.

2. Казеин получают из:

- а) Кожи кроликов;
- б) Костей крупного рогатого скота;
- в) Молока.

3. Укажите растительное масло, из которого формируются наиболее прочные пленки:

- а) Ореховое масло;
- б) Соевое масло;
- в) Маковое масло;
- г) Льняное масло.

4. Какие из перечисленных восков имеют животное происхождение:

- а) Озокерит;
- б) Ланолин;
- в) Пчелиный воск;
- г) Спермацет;
- д) Карнаубский воск.

5. Напишите цели проведения термополимеризации растительных масел:

6. Какая из природных смол имеет более высокую температуру размягчения:

- а) Янтарь;
- б) Канифоль.

7. Напишите цель проведения реакции дегидратации касторового масла

8. Темпера на основе желтка куриных яиц высыхает за счет протекания:

- а) Физических процессов;
- б) Химических процессов;
- в) Физических и химических процессов.

9. Казеин в воде:

- а) Растворяется
- б) Набухает.

10. Какое растительное масло имеет более высокое значение йодного числа:

- а) Льняное;
- б) Оливковое.

11. Какие из нижеперечисленных органических растворителей относятся к полярным соединениям:

- а) Сложные эфиры;
- б) Спирты;
- в) Простые эфиры;
- г) Углеводороды;
- д) Кетоны.

12. К какому классу органических соединений относится казеин:

- а) Углеводы;
- б) Белки;
- в) Липиды;
- г) Углеводороды.

13. Какой из продуктов содержит растворитель:

- а) Натуральная олифа;
- б) Олифа Оксоль.

14. На основе каких металлов получают основные сиккативы:

- а) Pb;
- б) Ca;
- в) Mn;
- г) Fe;
- д) Co.

15. Какая из природных смол растворяется в этиловом спирте?
а) Шеллак;
б) Копал.
16. Какие из нижеперечисленных кислот являются ненасыщенными:
а) α -элеостеариновая кислота
б) Олеиновая;
в) Стеариновая;
г) Рицинолевая;
д) Пальмитиновая;
е) Линоленовая.
17. Резинат марганца получен с использованием:
а) Растительного масла;
б) Канифоли;
в) Октановой кислоты.

Тест №2

1. Что представляют собой воски по химическому составу?
2. Какие из нижеперечисленных природных смол относятся к «молодым»:
а) Копал;
б) Янтарь;
в) Канифоль;
г) Шеллак.
3. Политура содержит смолы (%):
а) 15;
б) 40.
4. Какие из природных смол не растворяются в воде:
а) Янтарь;
б) Шеллак;
в) Канифоль;
г) Гуммиарабик.
5. Жирные масляные лаки содержат в своем составе растит. масел (в %):
а) 40;
б) 15;
в) 75.

6. Требуется ли проведение термообработки копалов и янтаря для получения масляно-смоляных лаков:

- а) Нет;
- б) Да.

7. В чем заключаются недостатки применения воско-смоляных композиций?

8. Какие из перечисленных ниже кислот являются насыщенными:

- а) Стеариновая;
- б) Линолевая;
- в) Пальмитиновая;
- г) Олеиновая.

9. Что представляют собой масляные лаки?

10. На основе каких металлов получают основные сиккативы:

- а) Pb;
- б) Ca;
- в) Mn;
- г) Fe;
- д) Co.

11. Какие из нижеперечисленных кислот являются ненасыщенными:

- а) Пальмитиновая;
- б) Олеиновая;
- в) Стеариновая;
- г) Линолевая;
- д) Линоленовая.

12. Чем больше в состав растительного масла входит триглицеридов ненасыщенных кислот с 2 и 3-мя двойными связями, тем оно высыхает:

- а) Медленнее;
- б) Быстрее;
- в) Не влияет.

13. Сиккатив на основе Ca относится к :

- а) Основным;
- б) Вспомогательным.

14. Сиккатив на основе Zn относится к:

- а) Вспомогательным;
- б) Основным.

15. Сиккатив на основе Co относится к:

- а) Поверхностным;
- б) Объемным.

16. В реставрационных материалах используются:

- а) Нерафинированные растительные масла;
- б) Рафинированные растительные масла.

17. В состав каких олиф не входит органический растворитель:

- а) Оксоль;
- б) Натуральная;
- в) Комбинированная.

Тест №3

1. Перечислите способы получения синтетических полимеров.

2. Приведите классификацию синтетических полимеров.

3. Приведите основные реакции получения полимеризационных полимеров.

4. Полимеры класса акрилатов и их применение в реставрации.

5. Из какого полимера формируются наиболее гидрофобные пленки:

- а) Полиуретана;
- б) Фторсодержащего полимера;
- в) Поливинилацетата.

6. Пленки из какого акрилового сополимера будут менее эластичными:

- а) Метилметакрилат 50 %; бутилметакрилат 50%;
- б) Метилметакрилат 95 %; бутилметакрилат 5 %.

7. Полибутилметакрилат имеет температуру размягчения:

- а) 20°C;
- б) 50°C;
- в) 5°C.

8. Из какого полимера формируются самые износостойкие покрытия или пленки:

- а) Полиуретан;
- б) Поливиниловый спирт;
- в) Поливинилацетат.

9. Эпоксидные материалы относятся к:

- а) Термореактивным;
- б) Термопластичным.

10. В синтетическом латексе акриловый сополимер является:

- а) Дисперсной фазой;
- б) Дисперсионной средой.

11. В реставрационной практике акриловые сополимеры используются в виде:

- а) Синтетических латексов;
- б) Растворов в органических растворителях.

Тест №4

1. Наличие в формуле органического растворителя функциональной группы -ОН относит его к классу:

- а) Сложных эфиров;
- б) Простых эфиров;
- в) Спиртов;
- г) Кетонов.

2. Наличие в формуле органического растворителя функциональной группы -О – относит его к классу:

- а) Спиртов;
- б) Кетонов;
- в) Простых эфиров;
- г) Сложных эфиров.

3. Укажите полярные растворители, входящие в состав смесового растворителя 646:

- а) Бутилацетат;
- б) Этилцеллозольв;
- в) Ацетон;
- г) Бутиловый спирт;
- д) Этиловый спирт;
- е) Тoluол.

4. Какой из органических растворителей, входящих в смесевой растворитель 648 является неполярным?

- а) Этиловый спирт;
- б) Бутиловый спирт;
- в) Тoluол;
- г) Бутилацетат.

5. Укажите наиболее вредный органический растворитель, исходя из значения ПДК (мг/м³):

- а) Тoluол – 50;
- б) Скипидар – 300;
- в) Ацетон – 200;
- г) Уайт-спирит – 300.

Учебное издание

Н. К. Кириллова

РЕСТАВРАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие

Верстка А. С. Шитовой
Дизайн обложки Е. А. Соловьевой
Выпускающий редактор А. С. Шитова

Подписано в печать 02.12.2025. Формат 60×90^{1/16}.
Усл. печ. л. 5,75. Уч.-изд. л. 5,75. Тир. 500 (1-й завод 1–50). Зак.
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский гос. ин-т культуры»
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 2. Тел. 8(812)318 97 16
Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Первый издательско-полиграфический холдинг»
(ООО Первый ИПХ)
194044, Санкт-Петербург, Б. Сампсониевский пр., д. 60, лит. У