

Міністерство культури та інформаційної політики України  
Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури  
Кафедра техніки та реставрації творів мистецтва

**РОЗЧИННИКИ У СТАНКОВОМУ ЖИВОПИСІ ТА  
РЕСТАВРАЦІЇ: ІСТОРІЯ І СУЧАСНІСТЬ**

Дипломна робота на здобуття освітнього ступеня магістра  
за спеціальністю 023 «Образотворче мистецтво,  
декоративне мистецтво, реставрація»  
ОНП «Реставрація творів станкового  
і монументального живопису»

Виконавець:  
студент II курсу ОС «магістр»

**Петрик Святослав  
Олександрович**

Науковий керівник:  
кандидат мистецтвознавства,  
доцент Тимченко Т.Р.

**Рецензент:**  
Нестеренко Петро Володимирович,  
кандидат мистецтвознавства, доцент

Роботу допущено до захисту

рішенням кафедри

Протокол № 11 від «21» червня 2022 р.

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_ доцент Тимченко Т.Р.

Робота захищена з оцінкою \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

*Петрик С. О. Розчинники у станковому живописі та реставрації: історія і сучасність.* Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 023 «Образотворче мистецтво, декоративне мистецтво, реставрація», освітньо-наукова програма «Реставрація творів станкового і монументального живопису». Київ : НАОМА, 2022.

У роботі аналізовано вплив органічних розчинників на матеріали творів живопису під час процесів чищення. Розглянуто традиційні реставраційні засоби, характер їх дії на матеріали творів живопису. Подано класифікацію та хімічні властивості різних груп розчинників. Доведено, що більшість традиційних розчинників справляють шкідливий вплив на живописні твори – внаслідок їх дифузії відбувається вилугування, зміни у колориті та структурі, причому більшість цих змін є незворотними.

Велику увагу приділено «Трикутнику Хансена», за яким реставратори Заходу здійснюють підбір розчинників для конкретних елементів твору живопису. Наведено як позитивне значення, так і критичні думки щодо цієї методики.

Визначено сучасні принципи поводження з розчинниками під час процесів чищення на творах живопису. Описана шкода, яку можуть справляти розчинники на здоров'я реставраторів та оточуючих.

Робота ґрунтується переважно на працях сучасних західних дослідників, містить спостереження, які мають важливе значення як для теоретиків, так і для реставраторів-практиків.

*Ключові слова:* реставрація, живопис, чищення, органічні розчинники, трикутник Хансена, дифузія, вилугування.

## ABSTRACT

*Petryk S. The solvents in easel painting and restoration: the history and the current state.* Thesis for a master's degree in specialty 023 «Fine Arts, Decorative Arts,

Restoration», educational and scientific program «Restoration of works of easel and monumental painting». Kyiv: NAOMA, 2022.

*Key words: restoration, painting, cleaning, organic solvents, .....*

# ЗМІСТ

Вступ

Розділ I. Історична і джерельна база дослідження

1.1. Історіографія з питань походження та використання розчинників у живописі та реставрації

1.2. Методи дослідження

Висновок до розділу I

Розділ II. Класифікація розчинників для живопису та реставрації

2.1. Відомості про природу розчинників

2.2. Трикутник розчинення Teas

2.3. Використання органічних розчинників у живописі

Висновок до розділу II

Розділ III. Значення розчинників у реставрації живопису

3.1. Хімічні властивості розчинників у процесі розчисток творів живопису

3.2. Вплив розчинників на твори живопису та здоров'я людини

3.3. Правила застосування розчинників у реставрації

Висновки до розділу III

**ВИСНОВКИ**

Список використаних джерел

Список ілюстрацій

Додаток (Ілюстративний матеріал)

## Вступ

### **Актуальність дослідження.**

В будь-якому предметі історичної спадщини в процесі створення та/або під час реставрацій використовуються різні види розчинників з природних або синтетичних матеріалів.

«Французький філософ Етьєн Жільсон якось сказав: «Існує два шляхи загибелі картини, один – її реставрувати; інший – не реставрувати її» [23]. Задля розв'язання цієї непростой дилеми, реставратору картин варто знати якомога більше про те, що використання тих чи інших розчинників може негативно вплинути на лакове покриття, а також авторський фарбовий шар живописного твору.

Аби краще розуміти сутність та актуальність цього питання, варто відноситись до творів мистецтва як до живого організму, який від часу свого створення має властивості старіти або хворіти. Так, впродовж свого існування картини піддаються різноманітним нашаруванням, будь-яке з яких може вважатися таким, що погіршує не тільки їх естетичну, а й історичну чи фізичну цілісність, і тому вони можуть потребувати часткового або повного видалення. Ці покриття, нашарування або відкладення надзвичайно різняться за своєю хімічною та фізичною природою, починаючи від простого поверхневого бруду і закінчуючи шарами живопису та лаку, нанесеними іншими митцями у процесі побутування картин, які прийнято позначати терміном «записи» або «перемалювання». Кінець-кінцем, всі ці процеси призводять до того, що авторський живопис стає малопомітним і навіть повністю прихованим від очей глядача.

В кожену епоху та у кожній країні методи реставрації для відновлення картин різнилися за своїми естетичними рисами та рівнем знань – як про сам об'єкт реставрації, так і про матеріали для його реставрування. Бажання надати твору первозданний вигляд або навіть покращити його було основною задачею реставраторів з моменту виникнення цієї професії.

Велика кількість прийомів, які використовували реставратори минулого, на сьогоднішній день нам здаються не просто неправомірними, а й навіть «варварськими». Основою ставлення сучасної музейної реставрації до реставрованого твору є глибокий пієтет до його автора та одночасно – до слідів часу. Тому на першому місці завжди перебуває завдання збереження твору, а наступним – розкриття (якщо це необхідно) авторського живопису шляхом видалення старих лакових покриттів та пізніх неавторських нашарувань.

Консерватори картин докладають чимало зусиль, щоб покращити їх зовнішній вигляд. З цією метою може знадобитися консерваційно-реставраційне втручання, і серед інших – такі дії, як видалення старих пожовклих чи потемнілих шарів лаку або пізніших перемалювань. Раніше вважалося, що видалення пізніх нашарувань відкриває твір у тому вигляді, яким його задумав автор. Але насправді це твердження є по суті невірним і суперечливим. Наприклад, остання реставрація Сікстинської капели у 1994 році мала невелику кількість критиків, які висловлювали свій жах і називали фрески, які тепер стали яскравими, виконаними «у стилі Діснея». Вчений з реставрації Бронвін Ормсбі із галереї Тейт, вважає, що потрібен більш тонкий погляд. «Концепція повернення твору до початкового вигляду є по суті хибною, оскільки матеріали змінюються з часом, незалежно від рівня захисту». Зростаючий обсяг наукової літератури, присвяченої фізико-хімічним аспектам змін олійної фарби, проливає нове світло на можливі небажані побічні ефекти розчищення на основі розчинників.

Проте, незважаючи на значний прогрес, який був досягнутий у сфері знань про вплив розчищень на основі розчинників, фундаментальні знання в сфері хімічних та фізичних процесів залишаються обмеженими і на даний момент не дозволяють достовірно оцінити ризики, пов'язані з розчищенням. Відсутність комплексних процедур та оцінки ризику призвели до консенсусу, що вплив розчинника на картину має бути зведено до мінімуму.

Для того, щоб оцінити ризики, пов'язані з впливом розчинника, необхідно мати широкі знання про хімічні та фізичні процеси, що відбуваються в фарбових шарах, і знати, як на ці процеси може вплинути розчинник. Оскільки більшість

картин обов'язково проходять консерваційні процеси, для збереження творів мистецтва надзвичайно важливо розширити наше розуміння дії розчинників на структуру живопису та працювати над надійною оцінкою ризиків, пов'язаних із розчищенням на основі розчинників.

Таким чином, актуальність тематики дослідження не викликає сумнівів, адже питання правильного підбору розчинників є одним з найважливіших у повсякденній практиці реставраторів.

**Тема дослідження:** вивчення органічних розчинників, їх класифікація, особливості застосування у живописі та реставрації творів живопису.

**Об'єкт дослідження:** твори станкового живопису, створені у техніках темпері та олії, на різних типах основ.

**Предмет дослідження:** розчинники, їх природа, класифікація за типами та проблематика використання у живописі та реставрації.

**Мета дослідження:** здійснити усебічний розгляд розчинників з точки зору хімічного складу, країни та часу походження; визначити способи використання при створенні творів живопису; з'ясувати вплив розчинників на матеріали живописних творів у залежності від класифікації та класами речовин та іншими ознаками; окреслити проблематику застосування у реставрації, зокрема, за допомогою «трикутника розчинності» (діаграми Хансена).

Поставлена мета визначає **завдання дослідження:**

- проаналізувати історіографію зазначеної теми;
- окреслити поняття розчинників, розглянути їх види та ознаки;
- дослідити історію використання розчинників у створенні творів станкового живопису, а також застосування у реставраційно-консерваційних роботах;
- визначити вплив розчинників на основи, клеї, ґрунти та фарбовий шар при проведенні реставраційно-консерваційних робіт;
- розглянути сучасні розчинники та дослідити їх застосування у сьогоденній реставраційній практиці;
- охарактеризувати діаграму Хансена «TEAS»

**Наукова новизна** полягає у тому, що вперше в українській реставрації було здійснено аналіз іноземних та вітчизняних публікацій означеної тематики; узагальнено різноманітні дані про розчинники за типами їх класифікації; вперше введено у науковий обіг невідомі українським реставраторам іноземні джерела; вперше описано діаграму Хансена («трикутник розчинності») та наведено найсучасніші критичні відгуки західних вчених.

**Методика дослідження.** В процесі написання дипломної роботи був використаний системний підхід, орієнтований на розгляд явища в цілому; загальнонаукові методи дослідження: емпіричний метод, аналіз зібраної інформації, порівняння, класифікація, узагальнення.

**Апробація результатів дослідження:** частково результати дослідження були виголошені у доповіді: *Петрик С. О.* Деякі проблеми використання розчинників у реставрації творів живопису // Міжнародна наукова конференція «Дев'яті Платонівські читання пам'яті академіка Платона Білецького», НАОМА, 20 листопада 2021 р.

**Структура дослідження:** магістерська робота складається з трьох розділів, вступу, списку використаних джерел та списку ілюстративного матеріалу, а також додатку – ілюстрацій. Обсяг текстової частини – 63 сторінки. Обсяг додатків – ... сторінок. Загальна кількість сторінок ...



## **Розділ I. Історична і джерельна база дослідження**

### **1.1. Історіографія з питань походження та використання розчинників у живописі та реставрації**

Тематика писемних джерел, у яких розглядається питання розчинників для живопису та реставрації, поділяється наступним чином.

*Видання, присвячені хімії розчинників.* Ті, у яких подані більш загальні відомості, – це підручники (Глінка «Загальна хімія» [4, с.223-225]) й довідники: «Розчинники для лакофарбових матеріалів: Довідковий посібник [10]; «Матеріалознавство для малярів» [21].

Окрему групу становлять видання, присвячені використанню *розчинників у живописі*. Це книга відомого німецького хіміка й дослідника у галузі мистецтва проф. Макса Дернера (1870-1939), присвячена матеріалам живопису [3], де згадуються різновиди терпентинів (с. 212 – 214), а також чеського реставратора, професора Богуміла Сланського, яка побачила світ у 1953 році, а російський переклад її частини, що стосується техніки живопису, був виданий 1962 року [13]. У розділі «Олійні фарби» Сланський описує розріджувачі олійних фарб та їхні властивості (с. 183–186).

Серед українських видань 1930-х років назвемо книгу Петра Омельченка 1930 р. «Наука про малярські фарби, матеріали та техніки» [8], де він описує «розчинові засоби» для малярства і водночас – для реставрації (т. 1, с. 114–116). Дослідниця, хімік, викладач КДХІ Варвара Юхимівна Лоханько у книзі «Художні матеріали і техніка живопису» (1938) згадує й розріджувачі олійних фарб – «Розчинники на виготовлення лаків» [5, с. 91–93], а у невеличкому підрозділі, що стосується реставрації, згадує про обов'язкові випробування, які слід здійснити для встановлення техніки живопису (типу в'язива) [5, с. 168] та про ті розчинники, якими користуються для очищення живопису [5, с. 170].

Історичні відомості про застосування розчинників у реставрації наводить А. Альошин: у 17 ст. це спирти, неочищена азотна кислота, сулема (хлорид ртуті), оцет та інші [1, с. 17–18].

Видання, де розглянуті *хімічні властивості розчинників саме у галузі реставрації*: «Хімія у реставрації: довідкове видання» М.Нікітіна й

Є.Мельникової [7]. У цьому виданні, що витримало ряд перевидань, поруч із загальними відомостями про властивості груп матеріалів, наведені й реставраційні суміші, зокрема, розчинників. Причому структура посібника розрахована на користувачів, які займаються реставрацією різних груп пам'яток. Отже, крім додатку, де показані властивості органічних розчинників, у кожному з розділів, присвячених реставрації тих чи інших груп пам'яток, наведено інформацію про методики розчисток й речовини, які для цього уживаються.

Важливими й практично не відомими українським реставраторам джерелами з теми *розчинників у реставрації* є роботи західних дослідників. Серед них слід назвати підручник Джорджо Торрака (Torraca, Giorgio) «Розчинність та розчинники для питань консервації» («Solubility and Solvents for Conservation Problems») [30] – видання ICCROM (Міжнародного центру зі збереження та реставрації культурної спадщини), де наведено хімічні властивості, класифікацію та типи розчинників та їхніх сумішей, фактично, довідник для реставраторів-практиків (перше видання – 1975 рік).

Слід також відзначити статтю Мішеля Дошо-Деона (M. Dauchot-Dehon) «Вплив розчинників на фарбові шари» («Les effets des solvants sur les couches picturales») [24], яка вважається етапною у галузі вивчення впливу розчинників на живопис у процесі видалення лаків. Автор описує ефект, що справляють спирти й ацетон: зокрема, це змивання верхніх шарів живопису; визначає також ступінь утримання розчинників у фарбових шарах. Дуже цінними для реставраторів-практиків є спостереження Дошо-Деона за різницею у дії розчинників, нанесених краплею або ватним тампоном, адже це впливає на час випаровування.

У роботах Дж. Торрака, Крістофера Огерсона (Augerson, Christopher), Алана Фенікса (Phenix, Alan), Кріса Ставрудіса (Stavroudis, Chris) та інших вчених-дослідників [30; 22; 26–29] та вченого-реставратора Кнута Ніколауса (Nicolaus, Knut) [25] аналізовано Діаграму розчинників або «Трикутник Хансена» чи «Трикутник розчинення TEAS», який практично не відомий українським реставраторам, хоча на Заході ним користуються вже досить значний час. У деяких з названих праць, проте, подано його критичний аналіз.

Корисними є праці співробітників ДержНДІР, які безпосередньо спрямовані на проблематику реставрації живопису. Так, у статті Є.Малачевської «Матеріали для реставрації станкового олійного живопису» [6] здійснено огляд праць західних фахівців: описано висновки М.Дошо-Деона (M. Dauchot-Dehon) щодо випаровування розчинників з фарбового шару і його ж класифікацію розчинників за ступенем активності; дані Дж.Хедлі (G.Hedly) щодо шкоди, яку наносять розчинники при роботі ними на поверхні фарбового шару; правила користування розчинниками О.Ерхардта й І.Бішофа (O.Erhardt, I.Bischoff). Колектив авторів, що працюють або працювали у ДержНДІР, підготували курс лекцій «Реставраційні матеріали» [11], де є розділ, присвячений розчинникам (класифікація, властивості, взаємодія з матеріалами для укріплення та елементами живопису, с. 58–74), а також розділ, у якому викладені матеріали й методи розчисток від забруднень, видалення й потоншення лаків, розчистки від перемальовань (с. 77–81). Так само один з авторів вищезгаданого колективного видання – Т.С. Федосєєва присвятила розчинникам розділ у власному курсі лекцій з реставраційних матеріалів [17, с. 43–52]. У підручнику під редакцією Ю.І. Гренберга [9] частина IV присвячена викладу основ з хімії для реставраторів живопису, у тому числі це інформація про властивості розчинників, їх застосування та шкоду для здоров'я [9, с. 176-194].

З точки зору практичного застосування підходять до проблеми розчинників автори підручників для реставраторів. Вони акцентують увагу саме на тій дії, яку справляють розчинники, й наводять рецептури сумішей, описують методики, а також наголошують на ризиках та небезпеці для живопису та реставраторів. Це масштабне видання німецького дослідника-реставратора Кнута Ніколауса [25], підручник під редакцією В.В. Філатова [12, с. 86 –103], методичні рекомендації з реставрації ікон ВХНРЦ ім. І.Е. Грабаря [14, с. 99–104]. Про шкоду, яку справляють розчинники на здоров'я реставраторів, пише також Федосєєва [17, с. 44–52] та Ніколаус [25, р. 345], який, зокрема, описує засоби індивідуального та колективного захисту [25, р. 347–351].

Полемічного характеру книга Сери Уолден (Walden, Sarah) за редакцією Ернста Ханса Гомбріха «The Ravished Image: An Introduction to the Art of Picture

Restoration & Its Risks» [16] побудована на основі багаторічних спостережень за наслідками розчищень творів живопису, а також розвідок у сфері психології реставраторів та їхніх замовників і взагалі глядачів. Авторка здійснила ретельний аналіз історії техніки європейського живопису та наслідків brutальних розчищень музейних творів після Другої світової війни, довівши шкідливість та незворотність подібних дій; вона застерігає реставраторів від бездумного «чищення». Отже, праця її має загальнокультурне значення, і водночас може слугувати дороговказом для реставраторів-практиків у питаннях розчисток творів живопису.

У працях українського дослідника й реставратора В.І. Цитовича викладено принципи розкриття, послідовність дій та методику виконання пробних розчисток [19], а також філософсько-культурологічний аспект процесу розкриття [18].

Огляд історіографії доводить, що обрана тема є надзвичайно складною та неоднозначною, й потребує багатостороннього розгляду.

## **1.2. Методи дослідження**

В процесі написання дипломної роботи був використаний системний підхід, орієнтований на розгляді явища в цілому. При цьому були використані загальнонаукові методи дослідження: емпіричний метод, аналіз зібраної інформації, порівняння, класифікація, узагальнення.

Специфіка досліджуваної проблематики зумовила застосування низки методів дослідження. Історіографічний метод був використаний для збору інформації та спостережень. На етапі відбору історіографії було проаналізовано різноманітні публікації, здійснена їх класифікація за типологією. Методи аналізу та синтезу дозволили проаналізувати відібрані групи публікацій та порівняти висновки як теоретиків, так і практиків. Порівняльний метод також був застосований при вивченні джерел, де розглядається застосування розчинників у живописі та у реставрації. На основі усебічного розгляду стало можливим здійснити узагальнення вивчених питань й викласти пропозиції щодо подальшого руху наукових досліджень в українській реставрації.

Переклади англomовних видань та одного франкомовного здійснені автором самостійно.

### 1.3. Термінологія дослідження

У зв'язку зі складністю обраної теми, терміни, які використовуються у магістерській роботі, можна поділити на ті, які походять із загальної хімії та хімії лакофарбових виробів. Це терміни, що позначають класи речовин та хімічні процеси, які протікають у творах живопису під впливом розчинників. Терміни є загально відомими, тому ми не наводимо їх значення.

Окрему групу термінів становлять ті, що походять з історії техніки живопису чи з практики живописців та реставраторів. Це термін *пігмент*, який означає кольорову порошкоподібну речовину, яка не розчиняється у в'язиві, але утворює з ним дисперсію [3, с. 85]. *В'язиво* – речовина, яка входить до складу фарби чи ґрунту, скріплюючи частинки наповнювача (у т. ч. пігмента) (термін запропонований Т.Р. Тимченко [15, с. 140].

Нарешті, у магістерській роботі використані терміни загальнокультурного значення та ті, що походять з теорії реставрації.

Так, під *реставрацією* ми розуміємо сферу діяльності, спрямовану на збереження культурної спадщини. За визначенням В.І. Цитовича, «реставрація – сучасна наукова дисципліна в системі охорони пам'яток культури, пов'язана з безпосереднім втручанням в їх матеріальну структуру» [20, с. 136]. *Консервація* – «забезпечення оптимальної фізичної збереженості пам'ятки, з урахуванням можливих консерваційних дій у майбутньому» [20, с. 135]. *Розкриття* – (...) група процесів (...), спрямованих на вибіркове або повне звільнення пам'ятки від неавторських (історичних) елементів і нашарувань [20, с. 137]. *Консерватор-реставратор* – термін, запроваджений у 1980-тих роках Міжнародною Радою музеїв (ICOM), що набув поширення у світі. Термін є компромісним, оскільки в ряді країн сферу діяльності та фахівця називають *реставрація та реставратор*, а у інших – *консервація та консерватор*.

## **Висновок до розділу I**

Огляд історіографії доводить, що обрана тема є надзвичайно складною і неоднозначною та потребує багатостороннього розгляду. Так, були вивчені праці з загальної хімії та хімії лакофарбових виробів, куди відноситься й класифікація розчинників за класами речовин; праці, в яких описані хімічні властивості реставраційних матеріалів, серед яких і розчинники; праці, присвячені застосуванню розріджувачів та розчинників у живописі; видання, де дослідники-хіміки вивчають вплив розчинників на живопис (його складові – ґрунт, фарбовий та покривний шари). Нарешті, це праці реставраторів-практиків, які наводять найбільш поширені суміші речовин для конкретних випадків етапу розкриття, описують методики їх використання та правила безпеки.

Отже, тема розчинників у реставрації живопису є надзвичайно багатогранною, може розглядатися у різних аспектах, але основна мета цих досліджень – забезпечити якість реставраційного втручання, призупинити переродження культурної спадщини, запобігти шкідливому впливу на здоров'я реставраторів.

В Україні існує нагальна необхідність в узагальненні даних про розчинники у реставрації живопису, за відсутності власних інституцій, які б проводили фундаментальні дослідження у цій галузі.

## Розділ II. Значення розчинників у реставрації живопису

### 2.1. Відомості про природу розчинників

Цей підрозділ написаний, опираючись на матеріал з даних джерел:

[4, с.223–225; 5, с. 91–93; 8, с.44; 7; 9; 11, с. 58–76; 12, с. 87–92; 13, с. 114–133; 21; 29].

Як зазначає Федосєєва [17, с. 44], «у давнину леткі розчинники та розріджувачі для фарб були практично невідомі. Перші згадки про розчинники співпадають з відкриттям процесів перегонки нафти й деревної смоли та відносяться до XV ст. Тоді ж були сформульовані основні вимоги, що висуваються до розчинників, які використовуються у реставрації:

вони повинні повністю випаровуватися протягом розумного проміжку часу;

розчинники не повинні діяти на живописний чи інший авторський матеріал;

пари розчинників не повинні бути небезпечними для здоров'я людини».

Отже, що таке розчинник? «*Розчинник* – індивідуальна хімічна сполука або суміш, здатна розчиняти різні речовини, тобто утворювати з ними однорідні системи змінного складу, що складаються з двох або більшого числа компонентів, – розчини» [9].

Людина повсякденно зустрічається з розчинами та здавна цікавилася їх властивостями, однак основні закономірності, які визначають поведінку розчинів, були встановлені лише у XVIII сторіччі. «Будь-який розчин складається з розчиненої речовини та розчинника, тобто середовища, в якому ця речовина рівномірно розподілена у вигляді молекул та ще менших частин – іонів» [4]. «Звідси можна зробити висновок, що *розчинність* – це здатність твердої речовини, рідини або газу (розчиненої речовини) бути дисперговою на молекулярному рівні через середовище іншої речовини (розчинника)» [28].

Однак не завжди легко визначити, яка речовина є розчинником, а яка – розчиненою речовиною. Зазвичай, розчинником вважається компонент, який в чистому вигляді існує в такому ж агрегатному стані, що й отриманий розчин.

Наприклад, вода може розчиняти як тверду кристалічну іонну речовину, таку як хлорид натрію (тобто звичайну сіль), так і складний органічний полімер (наприклад, желатин). У випадку, коли обидва компоненти знаходяться в однаковому агрегатному стані (наприклад, спирт та вода), розчинником вважається компонент, який знаходився в більшій кількості.

Виходячи з вищесказаного, ми можемо зробити висновок, що успішне хімічне очищення буде залежати від правильно підбраного миючого засобу, який, змінюючи властивості покриття, що видаляється, не впливав би на основний матеріал та мінімізував би ризики для цілісності оригіналу. Принцип або спосіб такого видалення покриттів можна назвати «хімічною селективністю».

У сучасній реставраційній практиці для проведення розчисток використовують різноманітні засоби. Розчинники класифікуються за своєю хімічною будовою, властивостями та здатністю розчиняти ті чи інші речовини. На сьогоднішній день реставратори та науковці і досі шукають нові методи та матеріали для використання їх в реставраційно-консерваційних роботах, незважаючи на вже велику кількість видів та різновидів цих сполук. Розчинники, які використовуються в реставрації, поділяються на такі *класи*:

- спирти;
- ефіри та похідні спиртів;
- кетони;
- ароматичні вуглеводні;
- аліфатичні або ациклічні сполуки;
- хлорвмісні розчинники
- азот- і сірковмісні розчинники
- терпенові вуглеводні;

Розчинники за своєю природою функціональних груп поділяються на полярні та неполярні. «Полярний розчинник – це розчинник, молекули якого є диполями (це два точкових заряди, рівних за величиною і протилежних за знаком). Дипольний момент молекул розчинника визначає такі їхні властивості,



як висока (в порівнянні з неполярними розчинниками) температура кипіння та здатність сольватувати іони» [29].

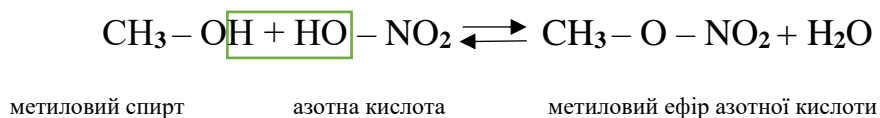
До *полярних* розчинників відносяться вода, спирти, прості та складні ефіри, кетони, азот- і сірковмісні розчинники, оскільки містять полярні функціональні групи (NH, NH, COOH, SH, CO). *Неполярними* ж є ароматичні вуглеводні, аліфатичні (ациклічні) сполуки (продукти переробки нафти), а також терпенові вуглеводні (продукти перегонки дерева). «Відповідно до наявності полярності або її відсутності, розчинники здатні розчиняти полярні або неполярні речовини» [11, с.59].

### Спирти

Спирти – аліфатичні з'єднання, які утворюються із вуглеводнів шляхом заміни одного або декількох атомів водню на гідроксил – OH. Спирти можна поділити на одно- або багатоатомні в залежності від кількості гідроксильних груп. «Так, метиловий спирт CH<sub>3</sub>OH являє собою гідроксильним похідним метану CH<sub>4</sub>, етиловий спирт CH<sub>3</sub> – CH<sub>2</sub> – OH є гідроксильним похідним етану CH<sub>3</sub> – CH<sub>3</sub> і т. д.» [7]. Подібно до води, спирти містять молекули гідроксильних груп, внаслідок чого мають вищу температуру кипіння, ніж інші органічні речовини зі схожою молекулярною масою.

Спирти чудово розчиняють смоли та майже не розчиняють жири, воски та олії. У реставраційній практиці застосовують в основному одноатомні спирти: етиловий, метиловий, пропіловий, бутиловий, ізопропіловий. Двоатомні та триатомні спирти використовуються здебільшого як пластифікатори, наприклад етиленгліколь та гліцерин. Окрім вищезгаданих ациклічних спиртів, іноді застосовується циклічний – циклогексанон.

Спирти достатньо активні речовини, внаслідок чого добре взаємодіють з кислотами утворюючи з ними складні ефіри, наприклад:



Утворювати складні ефіри характерно для усіх спиртів та кислот. Така реакція називається етерифікацією, а зворотна – омиленням складного ефіру. Складні ефіри не розчинні у воді, але розчиняються у розчинниках.

*Етиловий спирт* або етанол – один із розчинників, який став достатньо популярним у вітчизняній реставрації через свої хімічні властивості. В основному застосовується в поєднанні з іншими. Змішується з більшістю органічних розчинників та в будь-якій пропорції з водою, ефіром, хлороформом, гліцерином. Добре розчинює такі смоли, як каніфоль, копал манілу, сандарак або шелак і лише частково дамару, мастикс, копал каурі. Не розчинює воски, жири та олії (окрім касторового). Однією з найголовніших його властивостей вважається здатність викликати набухання ліноксинової плівки. Ліноксин – тверді тривимірні нерозчинні і неплавкі полімери, які утворюються внаслідок полімеризації олії (лляної, макової, горіхової і т.д.). У міру того, як олійна плівка висихає, вона втрачає свою здатність до розчинення в органічних розчинниках.

У випадку відносно молоді оліфи (100–150 років) розм'якшує її (при додаванні скипидару та ксилолу).

Для отримання етилового спирту ще здавна використовували цукристі речовини, наприклад, виноградний цукор або глюкозу, які шляхом бродіння (викликаного дією ферментів), вироблених дріжджових грибів перетворювались на спирт. Основним компонентом отриманого спирту методом бродіння виступає крохмаль, який міститься у картоплі, зернах жита, пшениці, кукурудзи і т.д. «Для перетворення крохмалю на цукристі речовини, борошно або подрібнену картоплю заварюють гарячою водою і по охолодженні додають до неї солод – розтерті з водою пророслі зерна ячменю. У солоді міститься особливий фермент – діастаз, який діє на процес зацукровування крохмалю каталітично. По закінченню зацукровування до отриманої рідини додають дріжджі, під дією ферментів котрих утворюється спирт» [4, с.473]. Після цього отриманий спирт очищають методом перегонки. Також спирт може бути отриманий синтетичним шляхом із етилену.

*Метиловий спирт* (метанол) або деревний спирт через свою токсичність не рекомендується для використання. Зазвичай його заміняють етиловим спиртом. За своїми розчинюючими здібностями схожий на останній, але не розчиняє дамару та мастикс. Використовується для спиртових лаків (політур), а також для видалення старих олійних та лакових покриттів. Виготовляється він синтетично.

«Метиловий спирт отримують у великій кількості синтезом окисі вуглецю та водню під високим тиском та температурою у присутності каталізатору або при сухій перегонці дерева, тому він має ще одну назву – деревний» [4].

*Бутиловий спирт* – через свою здатність діяти на ліноксин, застосовується в сумішах з іншими розчинниками, розчиняє усі смоли, що й етиловий спирт (окрім дамари), але краще. Добре розчиняється у ароматичних та аліфатичних вуглеводнях та воді в співвідношенні 1:12. Отримують декількома способами, одним із яких є ацетано-бутиловим бродінням харчової сировини.

*Пропиловий спирт* – за своїми розчинюючими характеристиками подібний до етилового та бутилового спирту (лише в сумішах більш активний, ніж етиловий по відношенню до смол). Добре змішується з водою.

*Ізоаміловий спирт* – змішується з водою в обмеженій кількості, розчиняє такі смоли як каніфоль, копал манілу, копал каурі, шелак, але не дамари. Застосовується в сумішах, що містять оцтовий ангідрид (кислоту). Через свою дорожнечу, замінюється бутиловим спиртом.

### **Ефіри та похідні спиртів**

Ефіри бувають прості та складні. «Простими ефірами називають органічні з'єднання, молекули яких складаються з двох вуглеводневих радикалів, пов'язаних із атомом кисню. Прикладом може бути діетиловий ефір  $C_2H_5 - O - C_2H_5$ » [4]. Як вже було написано вище, прості ефіри не розчиняються у воді, на відміну від нижчих складних ефірів. Складні ефіри утворюються етерифікацією (реакцією при утворенні складних ефірів) органічних кислот та спиртів. Прості ефіри розчиняють воски та жири, а складні ефіри – смоли та похідні целюлози.

### **Прості ефіри**

*Етиловий ефір* (сірковий ефір) – швидко випарювальна рідина, яка гарно розчиняє смоли (окрім шелаку та копали каурі), воски та олії. Розчинний у воді (1:13), рідко застосовується у реставрації через свою вогнебезпечність. Оскільки ефір розкладається на світлі та повітрі, зберігати його варто виключно в закупорених пляшках та темних приміщеннях. Етиловий ефір відомий ще з XVI століття.

*Діоксан* – змішується з водою та більшістю органічних розчинників. Розчиняє природні та синтетичні смоли, лаки, мінеральних та рослинних олій, жири, воски та похідні целюлози. Як і етиловий спирт, не рекомендується до застосування через небезпеку, пов'язану з його використанням.

*Метилцелозольв* – розчиняє усі м'які смоли (окрім дамари) та руйнує молоду ліноксинову плівку. Не розчиняє жири, олії, воски. Зазвичай використовується в чистому вигляді, добре змішується з водою. Раніше ним проводили розчищення оліфи з темперного живопису. Через токсичність нині його майже не використовують.

*Етилцелозольв* – розчинник, який добре розчиняє природні та синтетичні смоли, лаки, емалі, віск, парафін, з водою змішується необмежено. Використовується для видалення лакових покриттів.

*Формальгліколь* – не розчинює жири та воски, погано – тверді смоли та добре – м'які. Використовується в поєднанні з іншими розчинниками, покращуючи їх властивості.

### **Складні ефіри**

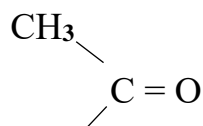
*Пропилацетат* – за своїми характеристиками схожий на ацетон, але випаровується повільніше. В сумішах з іншими розчинниками покращує дію останніх.

*Амілацетат* – синтетично виробляється з гасу, не розчиняє такі смоли, як дамара та шелак. Змішується зі спиртами, бензолом, толуолом та ефірами, але не з водою. Не токсичний.

*Бутилацетат* – зазвичай використовується замість амілацетату, за своїми характеристиками подібний до нього. Якщо його змішати з толуолом, формальгліколем та етиловим спиртом – руйнує ліноксинову плівку. На відміну від амілацетату, з водою змішується частково. Не токсичний.

### **Кетони**

Кетони – з'єднання, в молекулах яких міститься група атомів  $>C = O$ , що пов'язані з двома вуглеводневими радикалами, наприклад, ацетон:



## CH<sub>2</sub>

### Диметилкетон (ацетон)

*Ацетон* – один із найпопулярніших кетонів, що використовується у реставрації. «Це єдиний розчинник, що змішується з водою та усіма органічними розчинниками» [10, с.130]. Завдяки тому, що він сильно діє на ліноксин, штучні смоли та складні ефіри, отримав широке застосування для видалення старих лакофарбових матеріалів (в сумішах), в реставрації отримав популярність при розчистках стародавнього темперного живопису. На сьогоднішній день ацетон виробляють при окисненні ізопропілового спирту.

*Метилкетон* (бутанон) – за своїми характеристиками схожий на ацетон, але повільніше випаровується. У промисловості отримують з бутан-бутиленових фракцій газів при переробці нафти.

*Циклогексанон* – отримують гідрогенізацією фенолу. Здатний повільно, але доволі сильно розчиняти смоли, олії та жири, а також впливає на ліноксин (викликає сильне набухання). У воді розчиняється у співвідношенні 1:15, в основному циклогексанон додають до інших розчинників для покращення дії останніх.

*Метициклогексанон* – схожий на циклогексанон, але при цьому розчиняє трохи гірше.

### **Ароматичні вуглеводні**

Ароматичні вуглеводні складаються з шести атомів вуглеводню, поперемінно з'єднаних простими та подвійними зв'язками. Найбільш важливими розчинниками цього класу для нас є бензол та похідні від нього – ксилол та толуол. Вони добре розчиняють смоли, жири, воски та олії. З водою не змішуються. Через свою токсичність застосовуються доволі рідко. У великій кількості знаходяться в кам'яновугільній смолі.

*Бензол* – швидко випаровується, чудово розчиняє більшість смол (окрім шелаку та сандараку), жири, каучук, олії; ліноксин під його дією доволі сильно набухає. Серед представлених ароматичних вуглеводневих розчинників він найбільш токсичний, тому його часто замінюють толуолом або ксилолом, які трохи поступаються йому в розчинній здатності, але є більш безпечними. У

реставрації застосування знайшов для видалення висохлих олійних фарб та старих лакових плівок в сумішах з парафіном, етиловим спиртом та ацетоном. В хімічній промисловості використовується для виготовлення фарб та штучних ефірних олій.

*Ксилол* – випаровується повільніше за толуол та бензол, вважається найбільш безпечним серед них. Розчиняє дамару, каніфоль, мастикс, але не сандарак та шелак. Застосовується в сумішах з іншими розчинниками. Добре змішується з уайт-спіритом, етиловим спиртом, скипидаром та ацетоном. Входить до складу швидковисихаючих лаків, які застосовують методом розпилення.

*Толуол* – частково розчиняє дамару, м'яку копал манілу, повністю – мастикс, але не відбілений шелак та сандарак. Через свою активність в сумішах з іншими розчинниками підвищує їх результативність та здатність проникати вглиб плівки.

### **Аліфатичні або ациклічні сполуки**

«Аліфатичні або ациклічні сполуки – сполуки, в яких є незамкнутий карбоновий ланцюг нормальної чи розгалуженої структури» [21]. Головними їх представниками є різновиди бензину та уайт-спірит. Аліфатичні вуглеводні отримують методом фракційної перегонки нафти. Цікавим є те, що кожна фракція містить суміші гомологів, які близькі за своїми властивостями, тому їх важко відокремити один від одного. Внаслідок цього, вони не мають певної температури кипіння, тому їх характеризують тим інтервалом температури, при якому вони були отримані. З водою не змішуються.

*Бензин* – отримується при температурі від 60 до 120 °С, при тому більша його частина (98%) при температурі не вище 95 °С. В своєму складі містить до 4% ароматичних вуглеводнів (бензолу або толуолу). Розчиняє воски, каніфоль, дамару, олії. Використовується при виготовленні швидковисихаючих лаків та фарб. У своєму складі не має водорозчинних кислот та лугів.

*Уайт-спірит* (розчинник №1) – виготовляють при температурі від 150 до 200 °С. Ароматичних вуглеводнів в його складі не більше 16%. Майже повністю розчиняє дамару, мастикс; не розчиняє шелак. Використовується для розведення

оліфи, емалевих фарб, олійних та столярних ґрунтовок. Добре змішується з більшістю органічних розчинників. На повітрі може жовтішати, тому зберігати його рекомендується в щільно закритій тарі. Зберігати його варто як і скипидар, про що написано нижче.

### **Хлорвмісні розчинники**

Хлорвмісні розчинники – утворюються внаслідок дії хлору на вуглеводні, при цьому в молекули вуглеводню надходять відповідні числа атомів хлору [10]. Відмінність від більшості органічних розчинників полягає в тому, що вони не горючі(окрім дихлоретилена). Легко випаровуються, мають слабку світло- та водостійкість. Добре розчиняють олії, воски, смоли та жири. Через свою токсичність майже не використовуються в реставрації. Розділяються відповідно до похідної речовини з якої вироблені(похідні метану, етану, етилену)

#### Похідні метану

*Хлороформ* – сильний розчинник жирів, смол, восків, смол та інших речовин. Змішується з усіма органічними розчинниками, погано з водою (1:200). При додаванні 1% етилового спирту стає менш шкідливим. Показав свою ефективність в розчиненні старої фарби. Застосовується для видалення вільної сірки з ультрамарину та кадмієвих пігментів, призначених для художніх цілей [13, с.127].

*Чотирихлористий вуглець* (тетрахлорметан) – за своїми характеристиками схожий на хлороформ, але менш токсичний. Не розчинює шелак. Чудово змішується зі спиртами та скипидаром, в результаті чого активно діє на смоли. На сьогоднішній день вже не використовується через свою токсичність.

#### Похідні етану

*Дихлоретан* – швидко випаровуваний розчинник, добре розчиняє жири та смоли. В сумішах з етиловим спиртом або ацетоном використовувався для розчинення смол (шелаку). При з'єднанні з водою утворюється самозаймиста суміш. На даний момент не використовується в реставрації через сильну токсичність [13, с.128].

#### Похідні етилену

*Трихлоретилен* – розчиняє смоли (в тому числі дамару), лаки, воски. Швидко випаровується без залишку. З мильними розчинами використовується для виготовлення миючих емульсій. У воді не розчинний. При довгому зберіганні частково розкладається. Зазвичай, його замінюють тетрахлоретиленом, який вважається найменш токсичним серед усіх хлорованих вуглеводнів [13, с.128].

### **Азот- і сірковмісні розчинники**

*Диметилформамід* – активний та дуже сильний розчинник. Через свої руйнівні якості в реставрації використовується дуже обмежено, в основному в сумішах з іншими розчинниками, наприклад, водою. Диметилформамід (ДМФА) отримують перегонкою формиат калію з соляною кислотою диметиланіліном. Його можна використовувати для очищення ацетону. Розчинник для багатьох природних і синтетичних смол. Через свою надзвичайну токсичність, рекомендується обмежити його використання.

Менш шкідливими, а тому більш вживаними є *диметилсульфоксид* (або димексид) та *диметилацетамід*. Усі вони добре змішуються з водою, для пом'якшення їхньої дії. Окрім розчинок лаків та перемалювань, диметилсульфоксид використовують для регенерації розкладених лаків.

### **Терпенові вуглеводні**

«Терпенові вуглеводні – це суміш ненасичених ароматичних вуглеводнів з загальною формулою  $C_{10}H_{16}$ , які відрізняються між собою внутрішнім угрупованням атомів» [13, с.120] В реставраційній практиці використовуються пінен або скипидар. Вони добре розчиняють смоли, жири та воски.

*Скипидар* розрізняється трьох видів:

1. Деревний скипидар отримується спеціальною обробкою стовбурів та гілок хвойних порід дерев (іноді подрібнених в порошок), в яких міститься смола. З 1 тони отримують 25 кг такого скипидару та 180 кг каніфолі високої якості. Тільки-но отримана рідина має жовтуватий або майже коричнюватий колір, який можна прибрати при наступній обробці рідини.
2. Відповідно до своєї назви, *пневий скипидар* отримується з пнів хвойних порід дерев, насичених смолою.



3. *Терпентиновий скипидар* – отримується перегонкою водним паром. У залежності від виду дерева та кліматичних умов, різняться своєю якістю та властивостями. Найвищі його сорти отримуються від модрина, пихти або ялиці.

*Скипидар* або *терпентиновий скипидар* (терпентинова олія) – рідина, що майже не має кольору (або має легкий жовтуватий відтінок) з легким приємним ароматом. Розчиняє олії, жири, воски та м'які смоли (але не шелак). Добре змішується з іншими розчинниками, такими як: етиловий спирт, прості ефіри, хлороформ, вуглеводнями ароматичного ряду. З 90% спиртом змішується тільки в певній пропорції. У воді не розчинний, однак невелику кількість води здатен розчинити сам. Для перевірки його якості, декілька крапель наносять на фільтрувальний папір. Якщо через декілька годин на папері залишаються плями, це означає, що скипидар містив нелеткі смолисті залишки. Такий скипидар не рекомендується для використання в живописі та для розчинення лаків.

При взаємодії з киснем поступово окисляється та полімеризується, тому варто зберігати в темних приміщеннях в щільно зачиненій тарі без надлишку повітря. У випадку використання «зміненого» скипидару (який піддався окисленню), це негативно впливає не тільки на висихання, але і на можливість потемніння живопису через деякий час. Терпентиновій олії можна повернути початкові якості за допомогою дистиляції, але з частковою її втратою (густий коричневий залишок на дні ніде не використовується).

«*Пінен* являє собою пінену фракцію живичного скипидару (терпентинової олії), яку отримують відділенням від тяжкої, найбільш осмоляючої його частини» [12, с.89–90]. Використовується переважно в живописі, тому що менш схильний до пожовтіння та осмолення, однак зберігати його варто так само як і скипидар. За своїми характеристиками доволі схожий на терпентинову олію (скипидар) з незначною різницею у розчиненні. У вітчизняному виробництві випускається під №4.

### **Суміші з органічних розчинників**

Як вже стало зрозуміло, кожен розчинник має свої властивості. Щоб компенсувати деякі окремі з їх недоліків (будь-то токсичність або занадто сильна

чи, навпаки, слабка розчинна здатність), їх змішують між собою в певних пропорціях, аби в подальшому покращити результати розчисток.

У радянські часи був розроблений цілий комплекс варіацій цих сумішей для проведення розчисток як на темперному, так і на олійному живописі. При правильно підбраному методі та суміші (або чистого розчинника), можна досягти навіть пошарового видалення покривних захисних плівок або записів без пошкодження фарбового шару. Хочеться зазначити, що підбирати суміші треба з найпростіших за своїм складом та закінчувати більш складними та активними. Представлені нижче розчинники взяті з книги В.Філатова «Реставрація станкового темперного живопису».

1) 1 частина ацетону та етиловий спирт (1-2 частини) або 1 частина пінену (або скипидару) та етиловий спирт(1-2 частини)

Дані суміші рекомендується використовувати для видалення нестарих записів та лакових покриттів, іноді із застосуванням компресів. При більшому додаванні етилового спирту (1:1) їх дія підсилюється.

2) тетралін та ацетон (1:1) чи метилцелозольв та ацетон (1:1)

Добре розчиняють оліфові плівки, на темперний живопис майже не впливають.

3) Суміш РТ -1 – один з найслабших розчинників групи РТ. До його складу входить амілацетат, пропіловий спирт та ацетон у співвідношенні 1:1:1. Використовується здебільшого для видалення м'яких лакових і слабких оліфових плівок та відносно не старих записів.

4) Суміш РТ-2 – вважається одним з найбільш універсальних розчинників групи РТ. До складу цієї суміші входить формальгліколь (48%), толуол (27%), ацетон (20%) та етиловий спирт (5%). З підвищенням вмісту останніх двох компонентів (в 2 рази) підвищується розчинна здатність та активність розчинника. Чудово діє на ліноксинову плівку та старі темперні записи, що лежать поверх первинних лакових покриттів.

5) Суміш РТ-4 – менш універсальний за попередній розчинник, але діє достатньо активно. Його склад подібний до суміші РТ-2, тільки без вмісту

толуолу. Використовується для видалення лакових покриттів та темперних записів.

б) Суміш РТ-5 – в його складі міститься оцтовий ангідрид, що робить цей розчинник достатньо активним, але через цей же компонент, який з плином часу трансформується в оцтову кислоту, використовувати цю суміш варто у свіжо приготованому вигляді. Склад: ацетон (45%), формальгліколь (20%), ізоаміловий спирт (20%), оцтовий ангідрид (10%), етиловий спирт (5%).

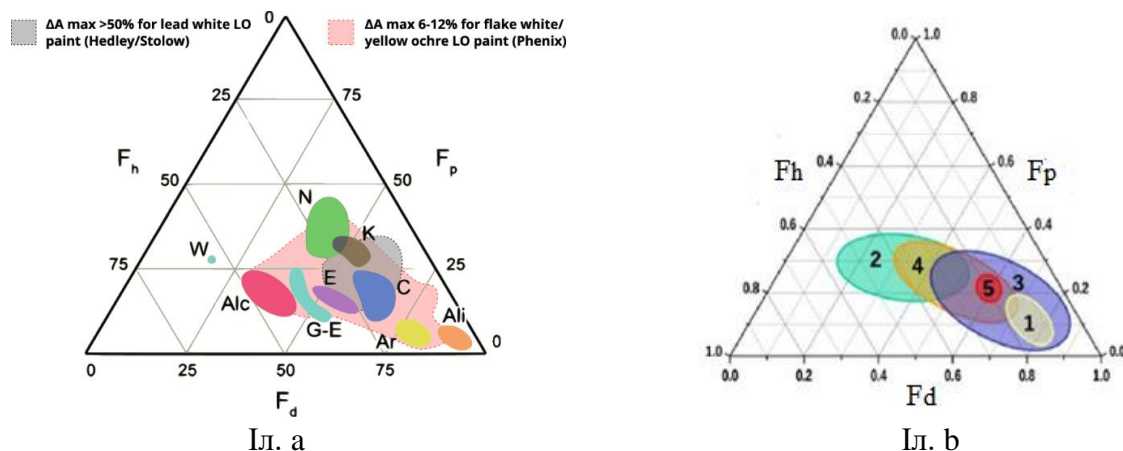
7) Розчинники 646 та 647 рідко, але все ж таки використовують у реставрації. Наприклад, поєднання останнього з ДМФА видаляє «міцні» старі записи та розм'якшує стару оліфу. До складу 646 розчинника входить толуол (50%), бутиловий спирт (15%), етиловий спирт (10%), бутилацетат або амілацетат (10%), етилцелозольв (8%) та ацетон (7%). 647 розчинник можна отримати поєднанням толуолу (41,3%), бутилацетату (29,8%), етилацетату (21,2%) та бутилового спирту (7,7%) [12, с.90–92].

## **2.2. Трикутник розчинення TEAS**

Концепція міцності розчинника представлена в так званому «трикутнику розчинення», який в свій час наробив багато галасу серед реставраторів творів мистецтва, оскільки на основі цієї моделі вони отримали змогу зрозуміти взаємодію розчинників з іншими матеріалами. Навіть у звичайної людини є певні уявлення щодо їх «міцності». Наприклад, ацетон вважається «сильним», в той час як вода «слабким» або взагалі не розчинником. Але по суті ці твердження є хибними. Насправді розчинник можна вважати сильним або слабким тільки відносно матеріалу, який він розчиняє. Цієї концепції слід дотримуватись, коли це стосується видалення або потоншення старих лакових покриттів, зняття записів, тощо.

Як зазначає Дж. Торрака, дані про *Передбачення розчинності смол* дослідника J.P. Teas були опубліковані Ashland Chemicals Company, Columbus Ohio [30, р. 55]. Для розуміння параметрів розчинення у 1967 році Чарльз М. Хансен розробив так званий трикутник TEAS. В ньому він визначив властивості розчинності розчинників, поділивши їх на три основні критерії: fd (неполярні

дисперсійні сили),  $f_p$  (полярні дипольні сили) і  $f_h$  (водневі зв'язки). На зображенні **b** в кольорових ділянках показано діапазони розчинності білків (тваринний клей, білок, казеїн та ін.), восків, смол і олій.



**Діаграма Teas**, що проектує тривимірні параметри розчинності Хансена на трикутний простір. Область «пікового набухання», визначена Хедлі на основі даних Столоу у сірій, розширеній області «пікового набряку» на основі різних типів фарб (вік 7-14 років), визначених Феніксом – у світло-червоному кольорі. W = вода, N = азотовмісні розчинники, K = кетони, Alc = спирти, GE = ефіри та складні ефіри гліколю, E = складні ефіри, C = хлоровані розчинники, Ar = ароматичні речовини, Ali = аліфатичні речовини (**іл. а**). Діаграма розчинності натуральних продуктів: восків (1), білків (2), смол (3), олій (4), полімеризованих олій (5) (**іл. б**).

У даній діаграмі передбачається, що розчинники, які розташовані в одній області, мають подібні властивості та можуть змішуватись або взаємно розчинятись один в одному. За допомогою цього трикутника, консерватор може теоретично виміряти вплив (набряк) розчинника на лакофарбовий матеріал.

*Набряк* або *набухання* є показником взаємодії між розчинником і олійною фарбою, і треба зазначити, що в кожного розчинника ця здатність може кардинально відрізнятись відносно іншого. На жаль, на сьогоднішній день даних про набухання олійної фарби в розчинниках недостатньо, а дослідження з цього приводу майже не проводились. Комплексна робота Столоу (Stolow), яка була зроблена ще у 1957 році, є однією з ключових, на яку і спирався Хедлі (Hedley) в 1980 році, визначивши розчинники, які викликають високий рівень набухання олійної фарби, перенісши це на трикутник розчинності Teas (див. іл. а). Проте, як зазначав сам Хедлі, дані Столоу про набряк лише приблизно відповідають дійсності на двовимірному зображенні, а тривимірне уявлення краще вміщує дані з різних джерел [22]. Сіра область на трикутнику показує розчинники, які викликають високий рівень набухання олійної фарби і, відповідно,

потенціальний ризик при їх застосуванні (чим далі від сірої зони, тим менше небезпека). Хедлі також продемонстрував на діаграмі, що бінарна суміш розчинників ацетону, змішаного з уайт-спіритом, може мати більший ефект набухання, ніж якщо б вони використовувались окремо [26].

Для того, щоб розрахувати приблизний ефект суміші, що складається з двох або трьох розчинників, використовується графічний метод. Відповідно до положення розчинника в трикутнику, ставляться дві точки (якщо у суміші тільки два розчинника), після чого проводиться лінія між ними. «Залежно від пропорцій у суміші, виражених у відсотках, діапазон суміші двох розчинників буде ближче до однієї точки, ніж до іншої. Якщо в суміші є три розчинники, то проводять лінію між точкою, встановленою на сполучній лінії, і точкою, що представляє третій розчинник. Відповідно до пропорцій у суміші у відсотках, діапазон розчинників суміші трьох розчинників буде лежати ближче до лінії з'єднання або ближче до точки, що представляє третій розчинник. Для того щоб розрахувати параметри, а отже, і ефект суміші, наприклад, уайт-спіриту і ізопропанолу у співвідношенні 50:50, концентр множиться на параметр кожного з компонентів, а результати додаються разом (див. іл. 3)» [25].

	$f_d$	$f_p$	$f_h$
White spirit	90	4	6
Isopropanol	41	18	41
White spirit (50 %)	90 x 50 / 100	4 x 50 / 100	6 x 50 / 100
Isopropanol (50 %)	41 x 50 / 100	18 x 50 / 100	41 x 50 / 100
White spirit (50 %)	45	2	3
Isopropanol (50 %)	20.5	9	20.5
Parameters of the mixture	65.5	11	23.5

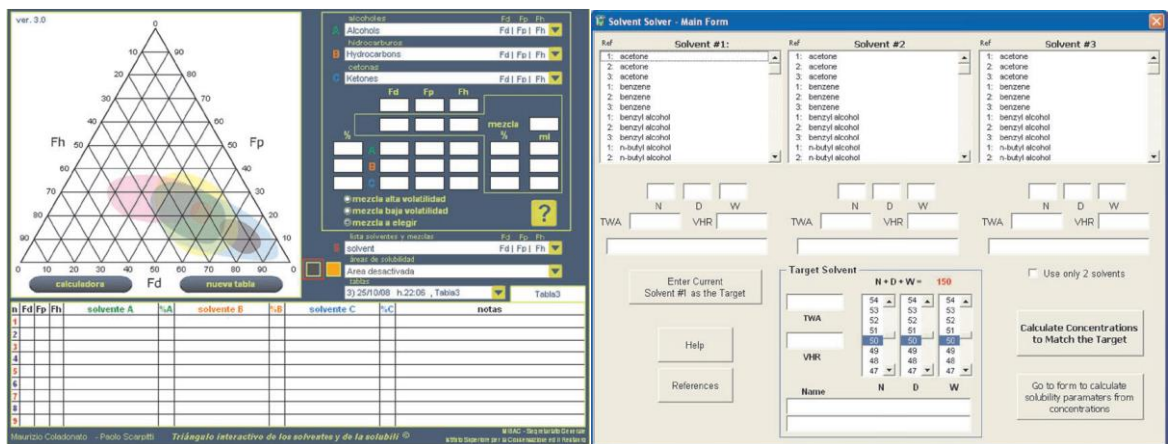
іл. 3

Отже, в цьому розділі згадувалось про тривимірне зображення діаграми Теас-Хансена. Впродовж багатьох років даний трикутник використовувався як

техніко-теоретична основа для очищення розчинниками в рамках консервації живопису, а отже, для поліпшення життя консерваторам; було розроблено програмне забезпечення, в якому, підставляючи параметри, можна отримати усю потрібну інформацію. Однак, програма Solvent Solver не враховує:

- несумісність розчинників
- реакцію розчинників з предметами
- токсичність для людини

При цьому, користувачі повинні ознайомитися з умовами використання та інформацією про відмову від відповідальності, представленою в програмі. Приклад програми наведено нижче.



«З плином часу обмеження модельних систем часто стають очевидними, і вони зазвичай піддаються процесу еволюції в напрямку більшої надійності та відповідності реальності. Діаграма Teas не є винятком. Отримані Столоу дані, які Хедлі використовував для визначення пікової області набухання, були поставлені під сумнів, наскільки вони належним чином відображають чутливість олійних фарб до розчинника у реальному житті. Цей набір даних був для фарбових плівок, що складаються із свинцевого білого пігменту, пов'язаного з лляною олією, але є підстави очікувати, що плівки олійної фарби можуть вести себе по-іншому з розчинниками, ніж більш звичайні олійні фарби. Тому здавалося доцільним розробити модель шляхом повторного вивчення набряку, викликаного сорбцією органічних розчинників на типових олійних фарбах художників» [26].

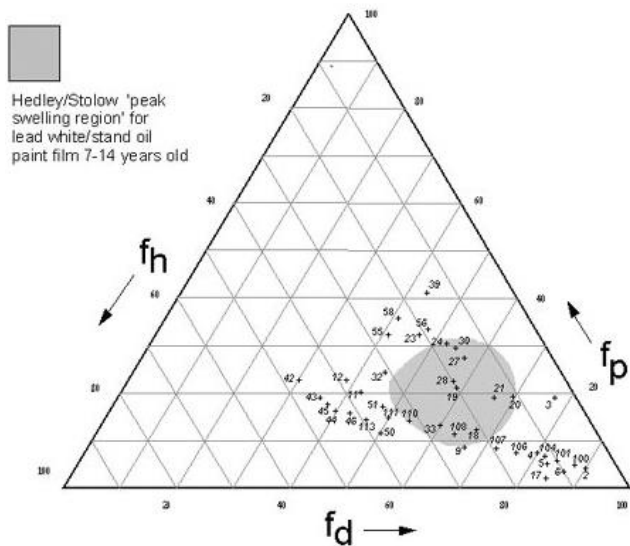


Table 1  
Key to solvents in figures 1, 2 and 3.

No.	Solvent
1	2,2,4-trimethylpentane
2	White Spirit
4	toluene
5	xylene
7	1,8-cineole
8	di-n-butyl ether
9	1,4-dioxane
10	anisole
11	2-ethoxyethanol
12	2-methoxyethanol
13	methoxypropanol
14	methoxypropylacetate
15	ethoxypropylacetate
16	perfluorodecalin
17	tetrachloromethane
18	trichloromethane
19	dichloromethane
20	1,1,1-trichloroethane
21	1,2-dichloroethane
23	acetone
24	butanone
25	methyl iso-propylketone
26	pentan-2-one
27	pentan-3-one
28	methyl iso-butylketone
29	cyclopentanone
30	cyclohexanone
31	acetylacetone
32	diacetone alcohol
33	n-butyl acetate
34	ethylpropanoate
35	propylpropanoate
36	tert-butylpropanoate
37	ethyl benzoate
39	γ-butyrolactone
40	ethyl acetoacetate
41	diethylcarbonate
42	methanol
43	ethanol
44	propan-1-ol
45	propan-2-ol
46	butan-1-ol
47	butan-2-ol
48	2-methyl-propan-1-ol
50	cyclohexanol
51	benzyl alcohol
52	2,2,2-trifluoroethanol
53	hexafluorobutanol
54	N-methyl formamide
55	N,N-dimethyl formamide
56	N-methyl-2-pyrrolidone
58	dimethylsulphoxide
59	tributylphosphate
100	Ethanol / White Spirit 1:19 v/v
101	Ethanol / White Spirit 1: 9 v/v
102	Ethanol / White Spirit 1: 7 v/v
103	Ethanol / White Spirit 1: 6 v/v
104	Ethanol / White Spirit 1: 5 v/v
105	Ethanol / White Spirit 1: 4 v/v
106	Ethanol / White Spirit 1: 3 v/v
107	Ethanol / White Spirit 1: 2 v/v
108	Ethanol / White Spirit 1: 1 v/v
109	Ethanol / White Spirit 3: 2 v/v
110	Ethanol / White Spirit 2: 1 v/v
111	Ethanol / White Spirit 3: 1 v/v

Цифри, зазначені на діаграмі, визначають положення окремих розчинників і сумішей розчинників, які використовуються в цьому дослідженні.

При викладі вищенаведеного матеріалу було використано різноманітні іноземні джерела [22; 25–27; 30].

### 2.3. Використання органічних розчинників у живописі

У олійній живописній техніці органічні розчинники називають *розріджувачами*. Їхні властивості використовуються при роботі фарбами: вони випаровуються досить повільно, що дає можливість фарбам залишатися пластичними певний час після їх нанесення. Проте згодом через випаровування розріджувача фарба починає тверднути. Цим двом умовам найкраще відповідають органічні розчинники з точкою кипіння у межах від 140 до 180 °С. Це скипидар, уайт-спірит, сольвент-нафта, які Б. Сланський називає «нормальними розріджувачами» [13, с. 183–184].

Скипидар (терпентинна олія). Як зазначає Б. Сланський, «Речовини, споріднені зі скипидаром, були відомі вже в давнину. Кедрову олію застосовували для муміфікації; про продукти дистиляції деревини згадує Пліній. Однак не встановлено, щоб у ті часи застосовували скипидар для розріджування фарб і лаків. Леонардо да Вінчі згадує про двократно дистильовану терпентинну олію, з якого він виготовляв «грецький вогонь». Питання про те, чи використовував Ван-Ейк у олійному живописі терпентинне та ефірні олії, на

жаль, до цього часу лишився без відповіді. У XVI сторіччі були доволі добре відомі й застосовувалися ефірні олії – лавандова, розмаринова й скипидар» [13, с. 122–123]. Водночас Т. Федосєєва [17, с. 44] зазначає, що продукти перегонки нафти та деревної смоли припадають на XV сторіччя.

Сланський вказує, що скипидар для живопису має бути добре очищений від смолистих речовин, інакше фарби потемнішають. М.Дернер пише: «Скипидар – це не в'язиво, сам він не може забезпечити зчеплення фарби з ґрунтом. Якщо фарбу сильно розбавити скипидаром, то всякаючий ґрунт вбере багато в'язива. Мені доводилося бачити живопис, написаний на чистому скипидарі (без доданків), де подекуди майже відразу після висихання пігмент відшаровувався лусочками» [3, с.198]. «При надлишку скипидару у фарбовому шарі швидко його випаровування може стати причиною появи тріщин на невсякаючому ґрунті. Такі дефекти проявляються у першу чергу в напівпрозорих шарах підмальовку (...) Особливо нерозумно писати на скипидарі по ґрунті з маковою олією, оскільки скипидар розм'якшує плівки макової олії. У таких випадках на ґрунті часто з'являються серйозні тріщини. Тріщини можуть виникнути також з причини швидкого й інтенсивного випаровування скипидару при нагріванні від сонячних променів» [3, с.198].

«Якщо скипидар у великій кількості додавати у живописні розріджувачі, котрі наносяться не лише на висохлі, а нерідко й на ледь застигли фарбові шари, особливо при багаторазовому перемальовуванні, то шари, що лежать нижче, частково розчиняться, розм'якшуються й сплавляються між собою, від чого живопис сильно потемнішає» [3, с.199].

Таким чином, і певні нюанси у застосуванні розчинників у живописі можуть призвести до руйнації твору внаслідок технологічних відхилень.

Уайт-спірит (лаковий бензин) також має бути добре очищений. Не рекомендується для розріджування фарб на загущених оліях та з добавками смол [13, с. 184]. Для покривних лаків не використовується, оскільки занадто швидко випаровується [3, с. 203].



При додаванні скипидару до уайт-спіриту в співвідношенні 1:1 отримуємо розчинник №2, який використовується для розведення олійних фарб, рельєфних паст і т. д.

До групи розріджувачів, що повільно випаровуються, Б. Сланський відносить очищений керосин, лавандову й розмаринову ефірні олії, гвоздичну ефірну олію. Ці розріджувачі дозволяють фарбі сохнути повільніше. До розріджувачів, які випаровуються швидко, Б. Сланський відносить толуол, ксилол і бензол, тобто, такі розчинники, які взагалі непридатні для живопису. Однак їх можна використовувати для розведення ґрунтовочних мас [13, с. 184–185].

Окрім того, органічні розчинники (скипидар) можуть додаватися до складу олійної фарби й впливати на її властивості [13, с. 186–190].

На основі скипидару виготовляють лаки шляхом розчинення м'яких смол (даммари, мастиксу, каніфолі) у співвідношенні 1:3 та 1:4, для покращання їх якостей додають сикативні олії чи віск [13, с. 202]. М.Дернер вважає, що мастикс і даммара найкраще розчиняються саме у скипидарі с.195. Також олійні лаки розбавляють скипидаром, уайт-спіритом та сольвент-нафтою [13, с. 207].

Іншу велику групу розріджувачів складають терпентини. Венеціанський терпентин – живиця з альпійської модрини. Використовується як розріджувач фарб. У поєднанні з загущеною на сонці олією його використовував Рубенс. Венеціанський терпентин сприяє заглаженості мазка та м'яким розтяжкам. Однак при використанні темних і довго сохнучих фарб він сохне довше, викликає блакитний наліт. М. Дернер вказує, що у старих італійських рецептах його називали «лаком». У якості розріджувача його змішують зі скипидарними лаками чи рослинними оліями. Ван Дейк використовував його у портретах як міжшаровий лак, попередньо розчинивши на водній бані зі скипидаром у співвідношенні 1:1. Він наносив венеціанський терпентин дуже тонким шаром, і завдяки емалеподібній поверхні, яка при цьому виникала, жорсткі штрихи ретуші та поновлень згладжувалися, а робота набувала бажаного блиску [3, с. 212–214].

Страсбурзький терпентин отримують з білої пихти. Кіпрський – з фісташкового дерева [3, с.214].

Етиловий спирт. На його основі виготовляють спиртові швидковисихаючі лаки з шеллаку або сандараку (у співвідношенні 1:3) з додаванням касторової олії в якості пластифікатору, виготовляють клеї для позолоти, також використовують для приготування розчинів полімерів, наприклад, полівінілбутиралу (ПВБ) і т. д.

Б.Сланський зазначає: «Хоча алкогольні напої були відомі з найдавніших часів, етиловий спирт шляхом дистиляції був отриманий лише у XI сторіччі в Італії. Він описаний у *Marra clavícula* (XII сторіччя). Як розчинник смол вперше згадує про нього Парацельз (*Paracelsus*) у XVI сторіччі. Спиртові картинні лаки, котрі почали широко вживатися лише у XVII та XVIII сторіччях, ніколи не мали такого значення, як скипидарні та олійні лаки» [13, с. 129].

Спиртові лаки отримують шляхом розчинення шеллаку, сандараку, м'яких манільських копалів, каніфолі, мастиксу та штучних фенол-формальдегідних смол в етиловому спирті у співвідношення 1:3, 1:4 або 1:5; у якості пластифікаторів додають касторову олію та венеціанський бальзам. Як зазначає Б.Сланський, найкращими за якістю є каніфольні спиртові лаки; шеллак використовують як політуру у столярній справі [13, с. 202–203]. Додамо, що спиртовий шеллак використовують для створення захисної плівки на позолоченій поверхні.

М. Дернер вказує, що спиртові лаки не можна використовувати в олійному живопису; дехто використовує їх на твердих основах як лаки для темпери [3, с. 222].

М.Дернер зазначає, у яких розріджувачах розчиняються смоли. Так, мастикс – у бензині (частково), скипидарі, гарячих рослинних оліях, етиловому спирті, ацетоні (частково) [3, с. 220]; даммара – у скипидарі (батавська – повністю, інші сорти – частково), бензолі, етиловому спирті (частково), простих ефірах, бензині, керосині [3, с. 223]; каніфоль – у скипидарі, етиловому спирті, бензині, ацетоні, лугах (нпр., соді) [3, с. 225–226]; сандарак – у етиловому спирті, простих ефірах, ацетоні, спіковій олії; частково – у бензині [3, с. 226]; шеллак –

в етиловому спирті [3, с. 227]. Щодо твердих смол, М.Дернер застерігає, що копалова смола, розчинена у скипидарі, швидко стає крихкою, і взагалі радить уникати використання копалів у живопису [3, с. 229]. Тверді копали розчиняються в гарячій олії, м'які – у спирті [3, с. 229–230]. Бурштин – в гарячій олії; тверді плівки бурштинового лаку нерідко тріскаються й вкриваються, виникає ранній розривний кракелюр, тому М. Дернер не радить його вживати [3, с. 231–232].

### **Висновки до II розділу**

З кожним століттям людина відкриває та використовує все більше нових видів розчинників, які різняться не тільки за своєю хімічною будовою та методом отримання, але й за принципом дії та здатністю розчиняти. Реставратору слід орієнтуватися у властивостях розчинників, які він збирається використати, аби не експериментувати зайвий раз на пам'ятці. Однак для точного і безпечного підбирання розчинників необхідно попереднє дослідження складу матеріалів та плівок, на які буде спрямована дія.

Діаграма «трикутника розчинності», яка була винайдена наприкінці 1950-х – у 1960-х роках західними вченими, впродовж багатьох років використовувалась як техніко-теоретична основа для очищення розчинниками в рамках консервації живопису, а отже, для поліпшення життя консерваторам; було розроблено програмне забезпечення, в якому, підставляючи параметри, можна отримати усю потрібну інформацію. Нещодавно розроблена комп'ютерна програма Solvent Solver, що дозволяє швидко знаходити потрібний розчинник, проте, не враховує несумісність розчинників, реакцію розчинників з предметами та токсичність для людини.

Органічні розчинники застосовуються з давнини, однак активне їх використання починається з XV – XVI сторіччя, із розвитком олійної техніки живопису; вони застосовувалися як розріджувачі фарб, добавка до фарби, як розчинники смол при створенні лаків для живопису. Дослідники XX ст. застерігали від непередуманого використання тих чи інших матеріалів, оскільки спостерігали виникнення швидких руйнацій технологічного характеру.

## **Розділ III. Вплив розчинників на твори живопису та здоров'я людини**

### **3.1. Хімічні властивості розчинників у процесі розчищення творів живопису**

Хоча консерватори-реставратори та вчені-консерватори зараз повсюдно визнають, що більшість картин зазнають різноманітних і глибоких змін, ці явища залишаються все ще недостатньо вивченими. В результаті консерватори-реставратори картин зазвичай обробляють об'єкти без повного розуміння хімічних процесів і властивостей матеріалу живописних шарів.

Прикладами важливих змін фарби є розтріскування, зміна кольору пігментів, пожовтіння лаків, накопичення бруду, утворення виступів і відкладень кристалічного матеріалу на поверхні та підвищення прозорості шарів фарби. Спостереження за цими повільними хімічними змінами призвело до усвідомлення того, що картини більше не можна розглядати як статичні об'єкти. Наприклад, такі фактори, як відносна вологість (RH), коливання температури та вплив світла, підсилюють зміну та знебарвлення олійних фарб. Багато з цих процесів змін олійної фарби є результатом реакцій пігментів та в'язива, яке призводить до зміни хімічної структури олійних фарб, що може вплинути на стабільність і зовнішній вигляд творів мистецтва у цілому. Набухання розчинника може підвищити рухливість реактивних компонентів фарби, що створює ризик прискорення певних явищ деструкції.

Методи розкриття можна узагальнено поділити на «сухі» (механічним шляхом) або «вологі» (із застосуванням хімічно активних речовин). Якщо з «сухими» методами все більш-менш зрозуміло, то з «вологими» не все так однозначно. Використовуючи той чи інший розчинник, можна видалити не лише записи, але також і частину авторського живопису. Аби уникнути цього та вирішити цю дилему, реставратору потрібно знати якомога більше про розчинники та методи очищення, і про те, як саме це може вплинути на лакофарбовий матеріал. Успішне хімічне очищення буде залежати лише від визначення миючого засобу, який буде змінювати властивості покриття, при цьому не впливаючи на основний матеріал, так щоб покриття можна було б

видалити з мінімальним ризиком для цілісності оригіналу. Такий підхід можна назвати принципом «хімічної селективності».

### **3.1.1. Леткість, дифузія та вилуговування**

Реставраційно-консерваційні роботи з використанням розчинників варто проводити з урахуванням виникнення хімічних процесів, що проходять в структурі лакофарбових покриттів. Без повного розуміння цих чинників, реставрований об'єкт можна не тільки пошкодити, але й знищити. В підтвердження цих слів, Сера Уолден в своїй книзі «The ravished image. An introduction to the art of picture restoration & its risks» пише: «Але ніщо, окрім руйнування, не може справити такий руйнівний ефект і зіпсувати її так підступно безнадійно, як реставрація» [16, с.120]. І дійсно, з цим твердженням важко не погодитись. Окрім безпосереднього втручання реставратора ззовні, він ще втручається всередину. Саме тому необхідно враховувати такі процеси, як розчинення лаку, набухання фарби, дифузія розчинника, випаровування, вилуговування та хімічні реакції між розчинником та фарбовим шаром.

#### **Структура полімеру та чутливість до розчинників**

«Реакція з'єднання декількох молекул в одну велику, що відбувається тільки за рахунок з'єднання за місцем подвійних або потрійних зв'язків, називається полімеризацією, а продукт цієї реакції – полімером» [4, с. 463]. Процес полімеризації та окиснення фарбового шару пов'язані з його старінням, які істотно залежать від умов навколишнього середовища (освітлення, температури, вологості). Таким чином, ідентичні спектральні зміни можуть бути виявлені для картин різного віку або можуть істотно відрізнятися для двох, що створені в один період часу.

«Рослинні олії являють собою повні ефіри гліцерину та жирних кислот» [6, с.18]. Кислоти, які входять до складу тригліцеридів, – в основному ненасичені, тобто мають у своєму складі групи з подвійним зв'язком між атомами вуглеводню:  $-C = C-$ . Чим більше таких груп має своєму складі кислота, тим швидше висихає олія, особливо якщо ці групи знаходяться поруч одна з одною. Сусідні ж групи ненасиченого зв'язку отримали назву кон'юговані (або

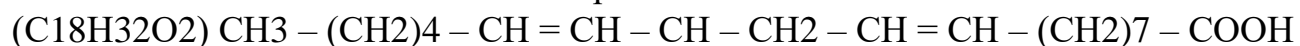
пов'язані), на відміну від ізольованих, які розподілені між собою іншими групами [6, с.18].

З ненасичених груп до складу рослинних олій входять:

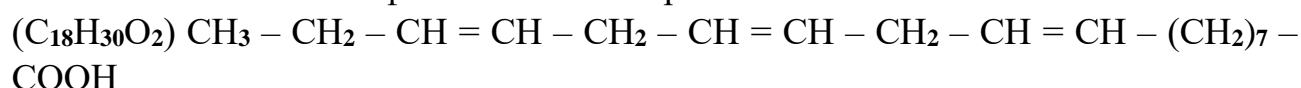
- Олеїнова або октадеценова кислота – мононенасичена жирна кислота:



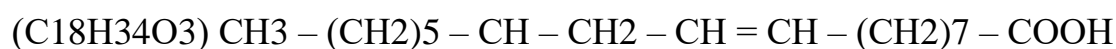
- Лінолева – поліненасичена жирна кислота омега-6:



- Ліноленова – альфа-ліноленова жирна кислота омега-3:



- Ріцинолева – ненасичена жирна кислот омега-9:



Найкращий показник висихання з рослинних олій показала тунгова олія (виробляється з насіння тунгового дерева, отруйна), оскільки в своєму складі містить до 80% тригліцеридів елеостсаратинової кислоти та має три сполучені подвійні зв'язки. [16 – с.19]

Ляна олія також має високий показник висихання через великий вміст тригліцеридів ліноленової та лінолевої кислоти. «За рахунок ненасичених подвійних зв'язків відбувається зшивка лінійних молекул олії в полімерну тривимірну сітку.» [16 – с. 20]. Якщо олію нанести тонким шаром на підкладку, то з нею відбудеться перетворення, що, в свою чергу, призводить до утворення твердої плівки. Через поглинання плівкою кисню (приблизно 12%) відбувається збільшення її ваги. У той же час із плівки виділяються леткі продукти деструкції: двоокис вуглеводню, вода, оцтова та мурашина кислоти, перекис водню. В процесі утворення плівки протікають багато реакцій: реакції окислення олії з утворенням перекисних сполук, реакції ізомеризації несполучених зв'язків у сполучні, реакції полімеризації. Причому багато реакцій протікають одночасно [6, с. 20].

Плівки висихаючих олій відносно нерозчинні. За ефірним тригліцеридним зв'язком в нормальних умовах не відбувається руйнування, однак саме цей зв'язок робить плівку високополярною, і тому вона поглинає та пропускає

вологу. Вода не є розчинником плівки, але при зануренні у воду олійні плівки сильно набухають.

На реакції аутоокислювальної полімеризації дуже значний вплив мають кількість та природа присутнього пігменту. Це тому, що деякі метали каталізують процес затвердіння плівки. Кожний з сикативних металів чинить вкрай специфічний вплив на процес висихання. Так, наприклад, свинець викликає просихання плівки по всій товщині, а кобальт прискорює поверхнєве висихання. Цинк гальмує поверхнєве висихання, але сприяє висиханню плівки по всій товщині, так як підтримує її поверхню відкритою для безперервного проникнення та адсорбції кисню. Така різна дія металів пов'язана з будовою їх атомів, а саме зі ступенем заповнення електронами внутрішньої оболонки. Вода також впливає на пігменти. Наприклад, синій ультрамарин, синій кобальт, кадмієві та хромовий жовтий являються водочутливими пігментами. Деякі синтетичні органічні пігменти також мають деяку притаманну розчинність в органічних розчинниках, що, ймовірно, є єдиним сценарієм, коли структура полімерного в'язива є менш важливою, а чутливість до розчинника здебільшого визначатиметься властивостями розчинника.

Якщо говорити в цілому, то фарби, що містять в своєму складі органічні пігменти, більш чутливі до органічних розчинників. Наприклад, деякі органічні чорні пігменти можуть впливати на полімеризацію олії, що, в свою чергу, призводить до чутливості при взаємодії з розчинниками. Це відбувається внаслідок неоднорідного та неповного висихання, що обмежене дифузією кисню (через низький вміст ПВХ). Це може призвести до низького ступеня зшивання та пояснити, чому вуглецьвмісні чорні фарби чутливі до розчинників. По-друге, відсутність іонів металу, які забезпечують іонні поперечні зв'язки (наприклад, цинк або свинець), призводить до того, що в органічних чорних не вистачає зшивок карбоксилатних металів. По-третє, відсутність іонів металу може вплинути на аутоокислення в'язива, ще більше знижуючи ступінь полімеризації та підвищуючи їх чутливість до розчинника [23].

Сикативна дія металів зводиться до гальмування природних антиоксидантів, присутніх у оліях, а також до прискорення розкладання

гідроперекисів, які утворюються при адсорбції кисню, внаслідок чого збільшується швидкість поперечної зшивки та наступного плівкоутворення.

Крім сикативної дії, пігменти різко розрізняються за величиною та формою частинок, змочуваністю оліями, хімічною реакційною здатністю і т. д. Олії містять деяку кількість вільних жирних кислот, крім того, кислоти можуть утворюватися при окисних реакціях у процесі висихання. Деякі пігменти інертні до дії цих кислот, але такі, як окис цинку, свинцевий сурик, окис свинцю, реагують з кислотами, утворюючи мила. Цинкові мила підвищують твердість покриттів, а свинцеві знижують її. У той же час обидва ці пігменти дещо покращують водостійкість покриттів.

Пігменти розрізняються за здатністю поглинання УФ-променів. Окис цинку, наприклад, поглинає УФ-промені та захищає плівку від швидкого руйнування.

З усього вищесказаного можна зробити висновок, що структура плівки залежить від природи пігментів, кожен з яких має власний ступінь затвердіння і відповідно утворює власну структуру. Отже, це і є показник того, що, в залежності від пігментованості плівки, вона буде мати інші фізико-хімічні властивості, зокрема, подальшу стійкість до розчинників. При підборі розчинників варто звертати на це увагу, а також враховувати властивості самих розчинників [6]. Крім непрямого впливу хімічних властивостей пігменту, концентрація пігментів також відіграє важливу роль у визначенні кінцевої полімерної структури олії, а отже, чутливості до розчинника [23].

На тему дифузії розчинника в структурі фарбового шару живописної роботи М. Дошо-Деоном було проведено цікаве дослідження, про що буде сказано нижче.

З формуванням плівки ми розібрались, а що ж зі старінням? Старіння плівки залежить від таких факторів, як тепло, кисень, волога та світло, особливо його ультрафіолетове випромінювання. Не випадково для проведення експериментів з лакофарбовими шарами використовують спеціальні камери з ультрафіолетом для зістарювання плівок. Всі ці чинники є головними руйнівниками, але, окрім них, на деструкцію плівок може впливати озон,



забруднення в атмосфері, механічні навантаження, що обумовлені товщиною фарбового шару та рухом основи, наприклад, полотна.

На старіння олійної плівки впливають умови зберігання: наприклад, при розсіяному освітленні всередині приміщення плівка лляної олії не зазнає значної деструкції, але повільно твердне та трохи жовтішає, і навпаки, під безпосереднім впливом ультрафіолету твердне з більшою швидкістю, а її поверхня може піддаватися значній деструкції [28].

При експлуатації у нормальних умовах повністю сформована плівка олії продовжує тверднути. Це обумовлено слабким поглинанням кисню залишковими подвійними зв'язками з подальшою самоокислювальною полімеризацією. Цей додатковий процес затвердіння робить плівку менш еластичною та стійкою до поштовхів та ударів.

У зовнішніх умовах плівка лляної олії досить швидко піддається деструкції, що посилюється під дією УФ-променів сонячного світла. Ще раз звернемо увагу на те, що плівки з пігментом значно більш стійкі до УФ. Чим сильніше пігмент поглинає УФ, тим стійкіша фарба. Чорні фарби мають виняткову стійкість.

Олійні плівки відзначаються слабкою лугостійкістю, що обумовлено легкою омилюваністю тригліцеридів. Під час старіння лугостійкість знижується ще більше за рахунок утворення кислих продуктів деструкції.

Пожовтіння олійної плівки у процесі старіння може суттєво змінити колористику роботи, особливо у тих творах, що зберігаються у темних приміщеннях. У таких випадках починається деполімеризація плівки та поява липкості. Під прямим сонячним промінням пожовтіння плівки або зовсім відсутнє, або є незначним. Скоріше, варто побоюватись підвищеної температури та вологості.

Під час проведення реставраційних робіт із застосуванням розчинників ці останні дифундують та взаємодіють із зазначеними полімерами. При підборі розчинників варто враховувати властивості полімеру, такі як полярність, концентрація пластифікаторів та вміст іонів, що і визначає чутливість до розчинників, тобто при зміні властивостей полімеру також змінюється його

чутливість до розчинників. У залежності від використаних лакофарбових матеріалів та умов, за яких твір зберігався (див. рис. 1), визначається, наскільки дія розчинника може впливати на фарбовий та покривний шари під час процесів очищення.

На жаль, доволі важко визначити спектр властивостей полімерного в'язива, саме тому це питання обговорюється з точки зору відмінностей у чутливості до розчинника. Чутливість до розчинника або води виникає у випадках, коли в'язиво має настільки низький ступінь полімеризації та високий ступінь окислення, що незначна механічна дія видаляє частинки пігменту [23].

Наразі, науковці та консерватори все більше цікавляться впливом розчинників на полімери. Далі будуть представлені дослідницькі роботи, які можуть покращити розуміння транспортування розчинника в олійну фарбу.

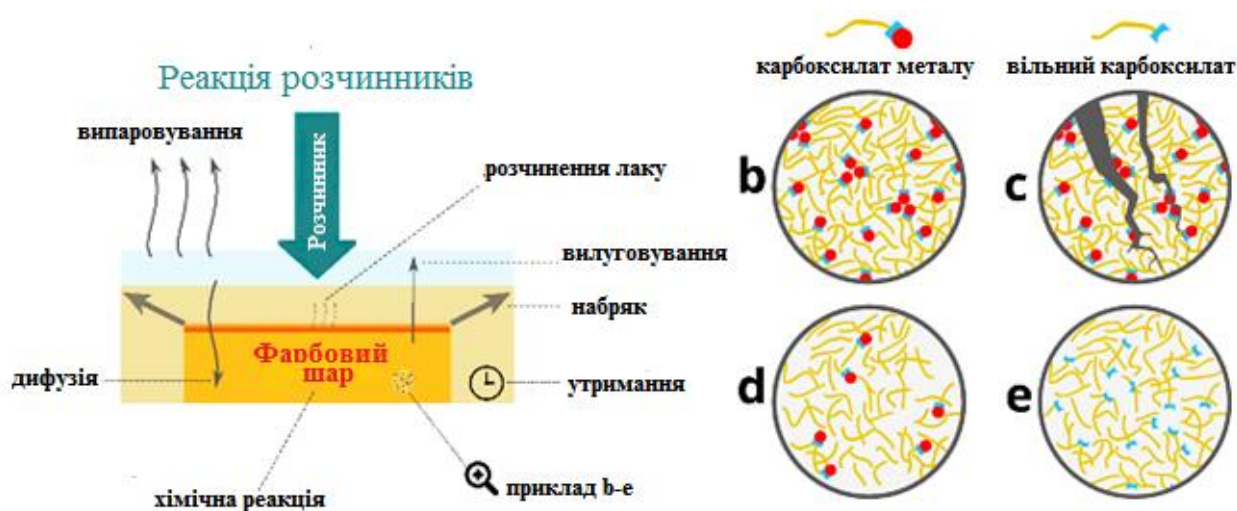


Рис.1

Дія розчинників на фарбовий шар. Після та під час розчинення лаку (помаранчевий) та фарбового шару (жовтий) збільшується в розмірах (відтінений жовтий) за рахунок поглинання розчинника (синій). Відносна товщина вказаних шарів не відображає фактичну товщину. **b – e** Схематичні приклади можливої структури полімерного зв'язуючого середовища в олійній фарбі. **b** Витримане іономерне зв'язувальне середовище з карбоксилатами металів і високим ступенем зшивання, **c** кречіроване іономерне зв'язувальне середовище з карбоксилатами металів і високим ступенем зшивання (показані діаметри тріщин не в масштабі), **d** іономерне зв'язувальне середовище з карбоксилатами металів і низьким ступенем зшивання, **e** сильно окиснене зв'язувальне середовище з проміжним ступенем зшивання та високою концентрацією вільних груп карбонових кислот.

При підборі розчинників реставраторам завжди треба враховувати, що кожен з них має свої особливі властивості, які можна охарактеризувати як: леткість, температура кипіння, ступінь вогненебезпечності, а також токсичність.

«Для встановлення тривалості перебування розчинників на експонаті, тобто часу випарування їх із плівок, необхідно знати їх відносну швидкість випаровування» [7, с. 37]. Летючість є однією із найважливіших властивостей будь-якого розчинника. Від цього показника залежать не тільки властивості покриття, але й швидкість висихання, а також випаровування та способи його нанесення. Наприклад, якщо розчинник занадто довго знаходиться на поверхні живопису – це може призвести до деяких дефектів, які потім можна вже і не виправити.

«Випаровуванням називається процес пароутворення, що відбувається на вільній поверхні рідини. Це можна пояснити вільотом з поверхневого шару молекул рідини, які володіють найбільшою швидкістю та кінетичною енергією. Випаровування суміші розчинників протікає при безперервній зміні співвідношення компонентів у рідині та парах: у міру випаровування рідина збагачується менш летким компонентом» [32].

Цей процес можна описати рівнянням американського хіміка Ірвінга Ленгмюра та датського фізика Мартіна Кнуденса:

$$W = -\frac{1}{s} \frac{dm}{dt} = k p_1 \sqrt{\frac{M}{2\pi RT}}$$

Де  $W$  - швидкість випаровування;  $m$  – маса рідини, що випаровується;  $t$  - тривалість випаровування;  $s$  – поверхня випаровування;  $p_1$  – тиск пари рідини;  $M$  – молекулярна маса;  $T$  – температура поверхні випаровування;  $0 < k < 1$  – поправочний коефіцієнт.

За рахунок теплоти випаровування поверхня рідини охолоджується, що вносить деякі похибки у визначення швидкості цього процесу. «Зниження температури поверхні випаровування залежить від леткості розчинника: чим більша його летючість, тим більше знижується температура поверхні» [10, с.96]. Під час проведення експериментів у визначенні леткості розчинників, варто враховувати передачу тепла з повітря, а також з підложки.

Вище наведена формула Ленгмюра-Кнудсена придатна лише у випадку проведення експерименту у вакуумі, в той час як Г.Ф. Гарднер наводить

рівняння, яке можна використовувати у випадках випаровування на повітрі (але і тут є константа, значення якої визначається умовами проведення експерименту):

$$M = n \frac{H}{l} v_l \left( 1 - e^{-\frac{\xi^2 D l}{v_l}} \right)$$

де  $n$  - концентрація пару біля поверхні;  $H$  - відстань від поверхні випарювання до стінки;  $l$  - довжина поверхні випаровування;  $v_l$  - лінійна швидкість повітря;  $D$  - коефіцієнт дифузії молекул розчинника у повітрі;  $\xi$  - аеродинамічний коефіцієнт зміщення (коефіцієнт захвату).

Отже, **леткість** – це видалення розчинників шляхом випаровування без підвищення температури. Цей параметр визначається не тільки молекулярною вагою розчинника, а й іншими факторами, зокрема – полярністю. «Молекули полярних розчинників в значному ступеню асоційовані, що є причиною відносно малої пружкості пару, а отже, високої температури кипіння та малої леткості» [9, с.187]. Тиск, який чиниться паром (пружкість пару), в певному ступеню характеризує певну леткість ряду розчинників. Наприклад, у етилового спирту при 20 °С пружкість пару буде дорівнювати 44 мм. рт. ст., в той час як у етилового (сірчаного) ефіру – 442,4 мм. рт. ст.

Леткість будь-якого розчинника також залежить від величини прихованої теплоти випаровування, теплоємності, теплопровідності та інших параметрів рідини. Наприклад, етиловий спирт, чия температура кипіння складає 78,3 °С, та вода (температура кипіння 100 °С) випаровуватись будуть повільніше, ніж толуол, температура кипіння якого складає 110 °С. «У монометилового ефіру етиленгліколя (метилцилозольва) та бутилацетату температура кипіння майже однакова і складає  $\approx$  125 °С, але леткість останнього приблизно в 3 рази більша» [9, с.187].

Для визначення ж відносної леткості розчинників у радянські часи було розроблено декілька методик, в основі яких лежить визначення кінетики випарювання із тонких плівок. Для цього невеликі об'єми розчинників наносять на різноманітні пористі підложки – такі як ватман або фільтрувальний папір та предмети, які залишають його на поверхні – скло або алюміній. «Відносну леткість ( $W_{від}$ ) визначають за тривалістю випаровування певної кількості розчинника, в порівнянні з еталонними розчинниками, наприклад, діетиловим

ефіром, бутилацетатом (БА) або ксилолом» [10, с.98] Для цього використовують таке рівняння:

$$W = \tau_{90\%}^{\text{БА}} / \tau_{90\%}$$

де  $\tau_{90\%}^{\text{БА}}$  - час випаровування 90% бутилацетату;  $\tau_{90\%}$  - час випаровування 90% іншого розчинника.

Знаходячись на поверхні живопису, розчинник не тільки випаровується, але і проникає в структуру фарбового шару. Таке явище називається дифузією. **Дифузія** – це форма транспортування розчинника, що відбувається у відкритому просторі між зшитими полімерними ланцюгами. (Див. рис. 1)

«При дифузії розчинника з шару рідини його молекули мають дифундувати через:

1. рідку фазу до поверхні;
2. поверхневий шар рідини;
3. ламінарний поверхневий шар повітря.

Після цього, потрапивши в турбулентний шар обволікаючого повітря, пари розчинника випаровуються.» [10, с.97] Дифузію випаровування рідини можна описати рівнянням Г.Ф. Гарднера:

$$W = aMDp_1 / RTPx$$

де  $a$  – константа;  $D$  – коефіцієнт дифузії рідини у повітрі;  $P$  – атмосферний тиск;  $x$  – ефективна товщина ламінарного повітряного шару над поверхнею випаровування.

У 1974 році в своїй книзі «Les effets des solvants sur les couches picturales» («Вплив розчинників на фарбові шари») М. Дошо-Деон опублікував статтю з викладенням результатів досліджень, які були проведені за допомогою радіоактивного вуглецю, про час утримання розчинників у фарбовому шарі [24]. Для експерименту взяли картину 1895 року, виконану олійними фарбами на полотні (знімався мастичний лак з ділянки неба – прусська синя та свинцеві білила на ґрунті, затертому на свинцевих білилах). В кожному з розчинників спостерігалися два одночасні процеси: випаровування з поверхні фарбового шару, а також дифузія, з наступним повільним його випаровуванням. Саме ж дослідження проводилося з нанесенням 0,3 мл розчинника краплею за допомогою шприца, а також віджатим ватним тампоном, імітуючи кругові рухи, аби відтворити умови процедури реставратора.

Вимірювання проводилось за допомогою випромінювального апарату з високою чутливістю, коли найменша кількість речовини фіксується приладом. Середні значення результатів наведені в таблиці нижче:

	<i>Розчинник</i>	<i>Час в добах</i>
<i>3 вик. шприца</i>	Етанол	25 +/- 5
	Ізопропанол	50 +/- 5
	Метанол	120 +/- 20
	Ацетон	60 +/- 25
<i>3 вик. ватного тампону</i>	Етанол	35 +/- 5
	Ізопропанол	40 +/- 10
	Метанол	70 +/- 15
	Ацетон	45 +/- 10

Розбіжності для кожного розчинника можна пояснити різним станом поверхні картини (густота та розмір кракелюра, різниця очищаючого тампона та ін.). Також, на цій роботі був врахований відсоток залишку розчинника у фарбовому шарі через 20 діб після їх застосування. Результат наведений у наступній таблиці:

	<i>Розчинник</i>	<i>Відсоток утримання розчинника у % мін.-макс.</i>
<i>3 вик. шприца</i>	Етанол	1-4
	Ізопропанол	1-6
	Метанол	3-11
	Ацетон	3-12
<i>3 вик. ватного тампону</i>	Етанол	3-10
	Ізопропанол	10-41
	Метанол	3-12
	Ацетон	3-12

З приводу даних результатів М. Дешо-Деон приводить таку гіпотезу:

- а) Низько дифузійний розчинник, нанесений краплею за допомогою шприца, випаровується, і його залишається відносно мало, в той час як натирання ватним тампоном збільшує проникнення у фарбовий шар, тому відсоток утримання – вищий.
- б) Дифузійний розчинник у випробуванні зі шприцом показав, що швидкість дифузії досить велика, випаровування слабке (саме тому відсоток утримання високий). У тестах з ватним тампоном вплив ватного тампона стає меншим, оскільки ці розчинники самі по собі

дифундують швидко. Тому нормально, що різниця між першим та другим способами мінімальна або взагалі відсутня.

Цей експеримент наблизив нас до розуміння впливу розчинників на поверхню творів та наглядно показує різницю в їх проникаючій дії та швидкості випаровування. Також можна додати, що існує очевидна необхідність у збільшенні часу просушування картин після проведення розчисток, що слід враховувати реставратору.

### **Вилуговування**

Використання розчинника призводить не тільки до його дифузії у фарбовий шар, але і спричиняє вилуговування в ньому, що здебільшого залишається непоміченим для очей, навіть досвідчених реставраторів. Основними проблемами, пов'язаними з вимиванням (вилуговуванням) олійної фарби, є:

1. Крихкість;
2. порушення локальної хімічної рівноваги;
3. зміна оптичних властивостей;

Відомо, що при взаємодії органічних розчинників з фарбовими плівками на основі лляної олії значно збільшується щільність останніх, що пов'язано з вимиванням розчинних компонентів.

На жаль, на сьогоднішній день вплив вилуговування на довгострокову фізичну стабільність олійної фарби ще потребує подальшого дослідження, однак за допомогою короткострокового, ми можемо виміряти та проаналізувати, які зміни відбуваються та який вплив розчинник спричиняє при взаємодії з поверхнею живопису.

Для дослідження фізичного впливу розчинника на в'язкопружні властивості олійної фарби, був використаний метод динамічного механічного аналізу (DMA) та диференціальної скануючої колориметрії (DSC) із зануренням зразків у декілька типів розчинників. Результати продемонстрували, що при використанні полярних розчинників, таких як етанол або ацетон, вилуговування призводить до більшої крихкості та ущільнення фарби, ніж при застосуванні неполярних, таких як циклогексан, з однаковим часом занурення. В дослідженні

також брали участь зразки, які вже попередньо були вилужені та природньо зістарілись. Після їх занурення в розчинник, процес вилучення розчинних компонентів відновився [23].

З цього дослідження можна зробити висновок, що розчинники не тільки мають здатність розчиняти компоненти фарби. Етанол та ацетон через свою швидку дифузію мають краще проникнення, що, в свою чергу, призводить до більшого вилучення сполук олійної фарби. Постійне ж вилуговування при кожному наступному застосуванні розчинника підкреслює важливість розгляду картин, написаних олією, як метастабільних об'єктів, що зазнають повільних хімічних змін. Таким чином, з кожним реставраційним втручанням ми порушуємо хімічну рівновагу, що в подальшому може пришвидшити процес деградації та небажаних хімічних змін в структурі фарбового шару.

З вищевикладеного стає зрозумілим, що при використанні розчинників в реставрації вони впливають на сполуки фарбового шару, а як щодо пігментів? Дане дослідження було проведено в ДержНДІР над темперними шарами живопису, методом об'єктивної інструментальної колориметрії.

Виявилось, що під дією сумішевих розчинників РТ-5 і РТ-1 свій колір змінили такі темперні фарби як: вохра, умбра, кіновар та суміш фарб – санкир, а ультрамаринові зразки змінились не тільки під дією сумішевих розчинників, але й розчинників в чистому вигляді – формальгліколю та етилацетату. Внаслідок обробки результатів, дослідники склали таблицю впливу розчинників на зразки темперного живопису (чим вище в рейтингу, тим сильніший вплив чинить розчинник):

1. РТ-1
2. РТ-5
3. Диметилформамід
4. Диметилсульфоксид
5. Формальгліколь
6. Етилацетат
7. Етилцеллозольв



Як вже стало зрозуміло, розчинники діють як на в'язиво, так і на пігменти фарби. Треба враховувати, що оптичні зміни відбуваються не тільки від набухання (внаслідок чого частинки пігменту стають рухомими та можуть механічно бути прибраними реставратором), але і змінюють свій колір при взаємодії з ними.

Проте не варто забувати, що розчинники впливають не тільки на лакофарбовий матеріал. Перед видаленням записів, потемнілої оліфи або лаку, картину необхідно обстежити на зв'язок між фарбовим шаром та ґрунтом. В разі його ослаблення проводять профілактичні заходи з накладанням заклейки із застосуванням цигаркового паперу та глютинового клею (осетровий, кролячий, міздровий та інші). При використанні сильних розчинників (на кшталт формальгліколю, диметилформаміду, метилцеллозольву), які активно діють на поверхні фарбового шару, постає питання, що відбувається з клеями при взаємодії з ними?

Дослідження з впливу сильних розчинників на плівки клеїв були проведені в ДержНДІР співробітниками І. В. Назаровою та Є. Л. Малачевською. В дослідженні використали такі розчинники, як диметилформамід (ДМФА), етилцеллозольв, формальгліколь, а також поєднання комбінації етилового спирту та етилацетату (1:1) та клеї: ПВС, осетровий клей (з та без додаванням пластифікатору – меду).

В результаті обробки розчинниками 5 та 10% неластифікованого осетрового клею, фахівці не виявили істотних змін у фізико-механічних властивостях клейової плівки (міцність при розриві та відносне подовження). Це стосувалося усіх розчинників, окрім ДМФА, якому все ж таки вдалося розчинити осетрову плівку клею, однак вміст її знизився не критично ( $\approx$  на 3,5%). Пластифіковані плівки з додаванням меду в співвідношенні 1 : 1 до сухої маси клею, зазнали більш істотних змін:

– після застосування ДМФА вага плівки зменшилася приблизно на 44%, а жорсткість зросла вдвічі;

– з використанням етилцелозольву жорсткість плівки зросла приблизно в 1,5 рази, а вимивання з неї розчинної фракції призвело до зменшення ваги на 26%;

– поєднання ж етилацетату зі спиртом (1:1), навпаки, зменшило жорсткість плівки майже вдвічі, а зменшення ваги виявилось відносно не суттєвим, - лише на 6%;

– застосування формальгліколю показало зменшення жорсткості та ваги (на 1,4%).

В якості пластифікатору дослідники також використали полівініловий спирт (ПВС) у співвідношенні 1 : 1. Використання ДМФА знову показало збільшення жорсткості, але вже не вдвічі (на 60%), а кількість вимиваної фракції склала 3,2%. Додаючи в осетровий клей поєднання меду та ПВС в співвідношенні 2 : 2 : 1, вдалося забезпечити найбільшу стійкість плівки по відношенню до розчинників, однак вимивання речовини з клею все одно відбувалося не більш як на 1%.

Отже, дослідження показало, що розчинники в основному впливають саме на пластифікатор, а не на клейову плівку. Окремо відзначився тільки ДМФА; він же і виявився і найбільш агресивним по відношенню як до клею, так і до пластифікатору. Найменший вплив серед піддослідних зразків показав формальгліколь, після нього йде етиловий спирт з етилацетатом та етилцелозольв. При умові вмісту меду 25% (співвідношення 4:1), властивості плівки майже не змінювались, а кількість вимиваної фракції суттєво зменшилася. Найкращий показник збереження властивостей плівки з додаванням в клей пластифікатору показало поєднання ПВС та меду.

Таким чином, проводячи розчистки на станкових творах після укріплення глютиновими клеями, варто враховувати, що застосування сильних розчинників може призвести до вимивання пластифікатора, внаслідок чого збільшується жорсткість плівки, що в подальшому може призвести до руйнування укріпленої ділянки [11, с. 74–76].

Використовувати розчинники з обережністю слід і в інших випадках. Наприклад, Ю.Г. Бобров [2] вказує, що при дублюванні картин на синтетичний

полімер Beva 371 (синтетичний віск), навіть використання звичайного пінену негативно впливає на адгезивні якості полімеру, що, в свою чергу, може призвести до таких неприємних наслідків, як повітряні бульбашки.

### **3.1.2. Температура кипіння розчинника та дистиляція**

«При оцінці ефективності будь-якого розчинника варто керуватися не тільки його розчинюючими здібностями, але й точкою кипіння, яка є важливою константною розчинника, оскільки вона дає відносне поняття про його леткість» [13, с.114]. За температурою кипіння можна відносно визначити його здатність до випаровування. «Чим вища температура кипіння, тим повільніше він випаровується. Чим вище летючість і нижче температура кипіння, тим швидше випаровується розчинник» [11, с. 59].

Кожна рідина має свою відносну точку кипіння при постійній температурі, яка також залежить від зовнішнього тиску. Зазвичай, мається на увазі температура, при якій рідина, що кипить, знаходиться під нормальним тиском, – 1 атмосфера або 760 мм ртутного стовпчика. «Температурою кипіння називається температура, при якій тиск пару рідини стає рівним зовнішньому тиску» [9]. Чиста вода при нормальному атмосферному тиску замерзає при 0 °С, а кипить при 100 °С; в свою чергу, бензол кипить при температурі 80,1 °С, а замерзає при 5,5 °С.

Трохи інша ситуація складається з розчинами. Навіть незначна кількість розчиненої речовини підвищує точку кипіння та знижує її замерзання. Як вже було зазначено вище, кипіння води починається при атмосферному тиску в 760 мм ртутного стовпчика, і тиск водяної пари чітко дорівнює цьому значенню. Якщо якусь речовину розчинити у воді, то тиск її пари зменшиться. Тепер, аби довести тиск отриманого розчину до 760 мм рт. ст., треба нагрівати його вже вище 100 °С. Саме тому розчинники в чистому вигляді краще киплять та замерзають.

Також за допомогою точки кипіння можна вираховувати молекулярну масу розчиненої речовини за законом Рауля. «Для визначення беруть частинку досліджуваної речовини, розчиняють її в деякій кількості розчинника та

встановлюють викликане нею підвищення температури кипіння.» [4, с.246] Якщо відома ебуліоскопічна (від. франц. «ébullition» – кипіння) константа розчинника, то за цими даними можна розрахувати молекулярну вагу розчиненої речовини.

При кипінні підвищення температури рідини припиняється, не дивлячись навіть на те, що нагрівання продовжується. Якщо утворюючі пари відводити по трубці, то при їх охолодженні будуть утворюватися пари конденсату. Даний метод використовується для очищення рідин (тобто їх дистиляції). Дистиляцією можна відділити розчинник від інших домішок та речовин. Наприклад, вода, очищена від розчинених у ній мінеральних солей, органічних речовин та інших домішок таким методом називається дистильованою.

У випадку, коли треба розділити суміші рідких речовин, можна скористатись тим, що кожний компонент має власну температуру кипіння. Відповідно до вищесказаного, нагріваючи рідину при різних температурах, можна зібрати та конденсувати пари, відповідні певному розчиннику (метод фракційної перегонки) [13, с. 117]. Якщо ж речовини утворюють «азеотропні» суміші (тобто такі, які при перегонці не змінюють свій склад), то фракційним розділенням досягти повного розділення доволі важко, оскільки випаровування починається нижче та закінчується вище температури кипіння основного компоненту. Багатокомпонентні суміші, наприклад, гомологові (що подібні за своєю структурою), які мають близьку температуру кипіння, випаровуються з одночасним безперервним випаровуванням, «в той час як дистиляція неазеотропних сумішей з різко відмінними температурами кипіння характеризується постійною температурою до повного випаровування до початку випаровування другого при температурі його кипіння» [13, с. 117]. Якщо в розчиннику знаходяться тверді частини, то для відділення достатньо буде дистилювати речовину. Розділення ж розчинників, що мають різні точки кипіння, виконують методом фракційної перегонки.

«Перегонка розчинника виконується через скляну колбу Вюрца, яка розігрівається на водяній бані» [13, с. 118]. Через звужене горличко, де вставлений термометр (зі шкалою від 0 до 300 °C) пари розчинника проходять у

боковий відвід по зігнутій скляній трубці у «холодильник», який охолоджується повітрям або водою (для розчинників з низькою точкою кипіння буде достатньо повітряного холодильника). Там вони конденсуються у рідину, яка, в свою чергу, стікає в іншу колбу (приймач).

Коли ж розчинник має високі показники кипіння та низьку леткість, його переганяють за допомогою водяної пари. Для цього з'єднуються дві колби за допомогою скляної трубки. В колбі з водою утворюється пара, яка поступає в іншу колбу з розчинником (яку теж трохи нагрівають), в результаті чого пара з води змішується з розчинником і через бокову трубку переміщується у холодильник. На виході утворюються дві рідини, які розділяються між собою.

Для відокремлення розчинників, що мають різну температуру кипіння, використовують фракційний метод (або дробний). Фракційна перегонка виконується за допомогою перегінної колби. Суть даного методу полягає в тому, що утворені пари леткого розчинника (які киплять при температурі дистиляції) поступають через відвідну трубку в приймач (іншу колбу) в той час, як пари (а згодом і конденсат) розчинника, який потребує більшої температури кипіння, стікає назад у колбу. Таким чином, суміш відокремлюється на різні фракції. Однак, треба враховувати, що зазвичай однією перегонкою повністю розділити розчинники не вийде, а тому може знадобитись повторна процедура. Методом дробної перегонки, наприклад, утримують головні відгони скипидару.

В своїй книзі, присвяченій технології живопису, Б. Сланський поділяє розчинники на три групи, які визначаються за точкою їх кипіння або межами температур, при яких вони дистилюються:

1. низько кип'ячі (точка кипіння менше 100 °С);
2. середньо кип'ячі (точка кипіння в межах від 100 до 150 °С);
3. високо кип'ячі (точка кипіння в межах від 150 до 250 °С).

При цьому він вказує, що для живопису найбільш придатними є розчинники, які повільно випаровуються та мають точку кипіння від 140 до 180 °С.

«Розчинник з точкою кипіння понад 180 °С (наприклад, очищений гас, з температурою кипіння в межах 180-250 °С) повністю не випаровується при

нормальній температурі; залишок його сповільнює висихання олійних фарб та лакових плівок, в результаті чого вони довгий час зберігають високу еластичність. На противагу цьому, розчинники з дуже високою точкою кипіння (понад 250 °C), котрі при нормальній температурі взагалі не випаровуються, додають до лаків зі штучних смол та похідних целюлози в якості пластифікаторів або пом'якшувачів для підвищення їх еластичності на тривалий термін. Розчинники з низькою точкою кипіння, які в тонкому шарі випаровуються впродовж кількох секунд, максимально кількох хвилин, використовуються у живописі здебільшого в якості компонента фіксативів та спиртових лаків.» [13, с.115] Останні ж з них, зі своєю появою зробили своєрідну «революцію». Саме вони на сьогоднішній день дають змогу наносити швидко висихаючі лаки або емалі за допомогою розпилювальних апаратів (аерографів, балончиків тощо).

#### Вогнебезпечність розчинників

«Займання розчинників характеризується швидкістю реакції процесу горіння, що в окремих видів розчинників різна» [24]. Розчинники за ступенем їх займання можна розділити на три види:

1. легко займисті;
2. важко займисті;
3. не займисті.

Для оцінки вогнебезпечності горючих рідин (в нашому випадку – розчинників) вимірюванням займистості є «точка займання», тобто найнижча температура, при якій рідина може загорітись (при наближенні до джерела вогню або іскри). Це та мінімальна температура, при якій пари розчинника утворюють з парами повітря вибухову суміш, а точніше, дають спалах при наближенні до вогню.

Якщо точка займання нижча за 65 °C, то це горючі розчинники, небезпечно горючими ж прийнято вважати ті, точка спалаху яких близька до звичайної температури в приміщенні (18-20 °C). Знизити ж займання розчинника можна шляхом додавання туди іншого розчинника (наприклад, чотирьох хлористого вуглецю).

Також не варто забувати про пари, які виділяють розчинники. В деяких випадках, при взаємодії з повітрям та при достатній концентрації, вони можуть утворювати вибухові суміші. «Особливо вогнебезпечним є етиловий (сірчаний) ефір, він утворює з повітрям вибухові суміші при вмісті його у повітрі від 1,85 до 36,5%. При наявності у повітрі вибухонебезпечної суміші парів ефіру може виникнути спалах навіть на відстані 3-5м.» [9, с.188]. Тому, при роботі з розчинниками варто бути уважним, їх треба тримати подалі від можливих осередків вогню та при користуванні прикривати тару, аби його пари не випаровувались і не отруювали організм реставратора. Останнє отримало назву *токсичність* (розділ 3.2).

## **3.2 Вплив розчинників на твори живопису та здоров'я людини**

### **3.2.1. Токсичність розчинників**

Розчинники здатні завдати шкоди не тільки об'єкту, що реставрується, але й реставратору. Усі органічні розчинники без виключення токсичні для людини. При роботі з ними важливо знати не тільки їх хімічні властивості, а також і токсичну дію застосовуваного розчинника на організм людини. Однак живописцям вони майже не загрожують, оскільки в основному їм доводиться працювати з більш безпечним розчинниками, на відміну від реставраторів, які просто вимушені зіштовхуватись з більш небезпечним їх представниками.

Проводячи розчистки, реставратор так чи інакше вдихає концентровані пари, при цьому ще й напряду контактуючи з розчинником. Через це розчинники, потрапляючи у кров, здатні викликати серйозні захворювання та становлять ризики для життя людини. Саме тому цілий ряд токсичних розчинників заборонено застосовувати у вітчизняній лакофарбовій техніці, незважаючи на те, що за своєю розчинною здатністю й швидкістю випаровування їх можна було б широко використовувати в рецептурах лакофарбових матеріалів. До таких можна віднести бензол, метиловий спирт та дихлоретан, але і ці розчинники подекуди використовуються у незначній кількості в реставрації.

Наприклад, усім відомий метиловий спирт здатен вражати центральну нервову систему, а при довгому використанні хлороформу, ефіру, ацетону або етилового спирту може з'явитися «наркотичний» ефект. Найбільш шкідливими зарекомендували себе сірковуглець, хлоровані вуглеводні та бензол, які, змінюючи склад крові, здатні викликати такі хвороби, як лейкопенію та анемію. Деякі з цих розчинників можливо замінити іншими, менш шкідливими, наприклад, замість похідних бензолу можна використовувати ксилол або толуол, але і при їх застосуванні варто бути обережним. Аліфатичні та циклічні вуглеводні вважаються ще менш отруйними, однак при регулярному та довгому вдиханні концентрованих парів цих розчинників реставратор може отримати запаморочення в голові, а також захворювання, пов'язані зі шлунком. Такі розчинники, як хлоровані вуглеводні, мають прекрасні показники у розчиненні смол та були б придатними для створення лаків, але через свою небезпечність майже не використовуються. При тривалій взаємодії із ними людина може отримати хвороби, пов'язані з печінкою та нирками.

Таблицю з негативними наслідками та допустимою концентрацією приведено нижче:

Назва розчиннику	Проблеми, які виникають при тривалому використанні розчинників з перевищенням допустимої норми концентрації у повітрі	Гранично допустима концентрація пари в повітрі в мг/л
<i>Спирти</i>		
<i>Етиловий спирт</i>	Подразнення слизової оболонки очей і носа, головний біль, сонливість, втома, наркотичний стан.	1,0
<i>Метиловий спирт</i>	Сильна отрута. Прийом всередину 5-10 мл призводить до отруєння, 30 мл – до смерті. В пароподібному стані сильно подразнює дихальні шляхи та слизисту оболонку очей, вражає зоровий нерв та сітчатку.	0,03
<i>Ізопропіловий спирт</i>	Пари подразнюють очі та верхні дихальні шляхи.	-



<i>Ізоаміловий спирт</i>	Наркотичний стан, значна загальна токсичність, сильний подразник.	-
<i>Циклогексанон</i>	Токсичний, подразнює дихальні шляхи.	-
<b>Терпенові вуглеводні</b>		
<i>Скипидар</i>	При контакті подразнює шкіру, при вдиханні подразнює очі та дихальні шляхи, негативно впливає на нервову систему.	0,3
<b>Ефіри та похідні спиртів</b>		
<i>Етиловий (сірчастий ефір)</i>	Загроза захворіти на енцефалопатію (загибель мозкових клітин), подразнення слизових оболонок дихальних шляхів.	0,3
<i>Діоксан</i>	Отрута наркотичної дії, згубно впливає на нирки та печінку.	0,05
<i>Етилцелозольв</i>	Пари справляють лише слабку наркотичну та подразнюючу дію. Високі концентрації згубні для нирок.	-
<i>Формальгліколь</i>	Наркотик, подразнююча дія.	-
<i>Етилацетат</i>	Пагубний вплив на нервову систему, подразнення дихальних шляхів.	0,2
<b>Кетони</b>		
<i>Ацетон</i>	Тривале вдихання накопичує ацетон в організмі.	0,2
<i>Циклогексанон</i>	Запаморочення, сонливість, негативно впливає на шлунок.	-
<b>Ароматичні вуглеводні</b>		
<i>Бензол</i>	Малі концентрації, але часті вдихання парів викликають зміну в крові; діє на центральну нервову систему.	0,1
<i>Толуол</i>	Незначно впливає на кров, сильно впливає на нервову систему, при контакті зі шкірою викликає дерматит.	0,1
<i>Ксилол</i>	При контакті зі шкірою викликає дерматит, гострі та хронічні ураження кровотворних органів.	0,2
<b>Хлорпохідні вуглеводні</b>		
<i>Хлористий метилен</i>	Має наркотичну дію, подразнює слизові оболонки очей та дихальні шляхи, при тривалому впливі вражає печінку, нирки, нервову та серцево-судинну системи.	-
<i>Хлороформ</i>	Здатний викликати оборотний параліч життєвих функцій. Приблизно у 10% людей цей засіб викликає сильну алергічну реакцію	-

	та критичне отруєння організму. При тривалому впливі на дихальні шляхи та слизові оболонки людини (2-10 хвилин) можливий летальний кінець.	
--	--	--

Подивившись на таблицю, можна усвідомити, наскільки небезпечним є використання розчинників у реставрації. Аби зменшити їх вплив на організм, варто комплексно підійти до цього питання. При правильно спроектованій вентиляції приміщення, можна звести до мінімуму концентрацію парів на робочому місці (або в добре провітреному приміщенні), але це не відмінняє того, що реставратор також має піклуватися про свою особисту безпеку (респіратор, окуляри, рукавички, дотримання правил безпеки при застосуванні розчинників). Після використання ватного тампону, його варто поміщати в бокс (або банку) з щільно закриваючою кришкою.

Також у практиці реставраторів використовуються індивідуальні витяжні системи.

### **3.3. Правила застосування розчинників у реставрації**

Сучасний рівень розвитку сфери реставрації вимагає дотримання чітких правил, що регулюють поведінку реставратора під час втручання у пам'ятку. Частина цих правил зафіксована у документах – кодексах професійної етики, що прийняті у ряді країн; частина проголошена у теоретичних працях чи публічних виступах. Однією з важливих ідей, зафіксованих у Венеціанській хартії 1964 р. та інших документах, є думка про цінність історичних нашарувань. Це примушує реставратора уважніше ставитися до самої ідеї видалення того чи іншого пізнього елемента.

Проблематика чищення (або розкриття) пам'яток від різноманітних нашарувань є дуже неоднозначною; ця тема повністю розкрита у згаданій вище праці Сери Уолден [16]. Розмірковуючи над цією проблемою, авторка доводить ризикованість повного очищення живопису від лаків, оскільки у цьому разі можуть бути видалені найтонші фарбові шари, практично непомітні, – завершальні лєсування чи заключні мазки, покладені автором вже поверх лаку

(«спрещатура»). Пожовтіння лаків могло враховуватися деякими авторами. Як вважає С. Уолден, ми все ще замало знаємо про складну техніку живопису минулих майстрів. Крім того, повне очищення картини від лаку відповідає, на її думку, ідеї «осучаснення» старого живопису й підгонки його під певний шаблон: від очищення переходи між тонами у старих картинах стають грубішими, що відповідає сучасному стилю живопису.

Проблематику розкриття розглядає В. Цитович. Він подає класифікацію процесів розкриття, розмірковує над тим, що «розкриття частково або повністю зменшує обсяг феномену історичності, що виявляється в «патині часу» й становить певну культурну цінність» [18, с. 42]. У іншій публікації він дає чіткі вказівки щодо методики розкриття станкового живопису [19]: аналізовано помилки реставраторів, які найчастіше зустрічаються; дано визначення понять потоншення, вирівнювання й видалення; визначено порядок дій та застереження щодо доцільності видалення того чи іншого шару; методика підбору розчинників та обов'язкова її фіксація у фотографіях та описах.

Таким чином, окрім об'єктивно доведеного ризику чищення (про що йшлося у II та III розділах), існує також неоднозначна трактовка самої ідеї видалення тих чи інших пізніших елементів.

### **Висновки до III розділу**

Реставратору при підборі розчинників необхідно чітко знати як властивості речовини, яку він збирається обробляти (потоншувати, вирівнювати чи видаляти), так і властивості самих розчинників. Слід також, серед інших властивостей розчинників, враховувати швидкість їх випаровування та час, який для цього потрібен. Від цього залежатиме якість наступних реставраційних заходів. Потрібно враховувати, що розчинники здатні негативно впливати на фарбовий шар, вимиваючи в'язиво і роблячи його більш крихким та ламким. Також при підборі розчинників слід враховувати попередні консерваційні операції, адже встановлено, що розчинники здатні вимивати пластифікатор з клейової плівки натурального походження або зводити нанівець процес

дублювання на синтетичний адгезив BEVA. Ці приклади зайвий раз доводять думку про те, що реставратор повинен заздалегідь прораховувати кожен свій крок.

При виборі розчинника реставратор завжди має шукати компроміс між проведенням реставраційних дій з найменшим негативним впливом як на об'єкт, що реставрується, так і на його власне здоров'я. Важливо знати не тільки їх головні характеристики, але також і дію на організм людини.

Сучасні правила поводження з розчинниками передбачають виваженість, адже процес очищення є одним з найбільш небезпечних, здатних нанести непоправної шкоди творів живопису.

## ВИСНОВКИ

Огляд історіографії доводить, що тема розчинників у реставрації творів живопису є надзвичайно складною і неоднозначною та потребує багатостороннього розгляду. Це праці з загальної хімії та хімії лакофарбових виробів, куди відноситься й класифікація розчинників за класами речовин; застосування розріджувачів та розчинників у живописі; опис хімічних властивостей та вплив розчинників на матеріали живопису. Окрему групу складають праці реставраторів-практиків, які наводять найбільш поширені суміші речовин для конкретних випадків етапу розкриття, описують методики їх використання та правила безпеки.

Органічні розчинники застосовуються з давнини, однак активне їх використання починається з XV–XVI сторіччя, із розвитком олійної техніки живопису; вони застосовувались як розріджувачі фарб, добавка до фарби, як розчинники смол при створенні лаків для живопису.

Оскільки розчисткам піддаються більшість творів живопису, для їх збереження надзвичайно важливо надійно оцінити ризики, пов'язані із впливом розчинників. З'ясовано, що, незважаючи на значний прогрес, який був досягнутий у сфері знань про вплив розчисток на основі розчинників, фундаментальні знання в сфері хімічних та фізичних процесів залишаються обмеженими і на даний момент не дозволяють достовірно оцінити ці ризики, що висуває ідею про зведення до мінімуму впливу розчинників на твір живопису.

З кожним століттям людина відкриває та використовує все більше нових видів розчинників, які різняться не тільки за своєю хімічною будовою та методом отримання, але й за принципом дії та здатністю розчиняти. Для того, щоб якісно працювати, реставратору необхідно мати широкі знання про хімічні та фізичні процеси, що відбуваються в фарбових шарах, і знати, як на ці процеси може вплинути розчинник; для точного і безпечного підбирання розчинників необхідно попереднє дослідження складу матеріалів та плівок, на які буде спрямована дія.

Складові фарбового шару можуть по-різному реагувати на вплив одного й того самого розчинника. Це стосується пігментів, які мають різну сикативну властивість й по-різному реагують на кислоти й луги. Також по-різному відбувається висихання в'язива, зокрема, плівок лляної олії.

Доведено, що більшість традиційних розчинників справляють шкідливий вплив на живописні твори – внаслідок їх дифузії відбувається вилугування, зміни у колориті та структурі, причому більшість цих змін є незворотними. Під час проведення реставраційних робіт із застосуванням розчинників ці останні дифундують та взаємодіють із полімерами у складі матеріалів живопису. При підборі розчинників варто враховувати властивості полімеру, такі як полярність, концентрація пластифікаторів та вміст іонів, що і визначає чутливість до розчинників, тобто при зміні властивостей полімеру також змінюється його чутливість до розчинників.

Розчинники діють як на в'язиво, так і на пігменти фарби. Треба враховувати, що оптичні зміни відбуваються не тільки від набухання (внаслідок чого частинки пігменту стають рухомими та можуть бути механічно видалені реставратором), але і змінюють свій колір при взаємодії з ними.

Після проведення консерваційних заходів (коли до структури пам'ятки вводяться клеї), застосування розчинників при очищенні може впливати на мед – пластифікатор у складі глютинового клею: відбувається його вимивання, живопис стає жорсткішим, що в подальшому може призвести до руйнування укріпленої ділянки. Щоб запобігти цьому, рекомендовано поєднувати мед з ПВС. Також розчинники (навіть пінен) впливають на адгезивні якості полімеру Beva 371, внаслідок чого може відбутися роздублювання.

Діаграма розчинності («Трикутник Хансена» або «Трикутник Teas»), запроваджена з 1960-х років на Заході, довгий час використовувалась як техніко-теоретична основа для очищення розчинниками в рамках консервації живопису; згодом було розроблено програмне забезпечення Solvent Solver, завдяки якому можна отримати усю потрібну для консерватора-реставратора інформацію. Хоча вона дозволяє швидко знаходити потрібний розчинник, проте, не враховує

несумісність розчинників, реакцію розчинників з предметами та токсичність для людини.

Сучасні принципи поводження з розчинниками під час процесів розкриття на творах живопису базуються на безумовній повазі до реставрованої пам'ятки. Перед будь-яким втручанням, а тим більше – перед процесами очищення слід надзвичайно уважно дослідити твір, оскільки ніякий пізній елемент не може бути видалений без достатнього обґрунтування й оцінювання усіх ризиків. Потрібно обов'язково враховувати шкоду, яку можуть справляти розчинники на здоров'я реставраторів та оточуючих.

Отже, тема розчинників у реставрації живопису є надзвичайно багатогранною, може розглядатися у різних аспектах, але основна мета цих досліджень – забезпечити якість реставраційного втручання, призупинити переродження культурної спадщини, запобігти шкідливому впливу на здоров'я реставраторів.

В Україні існує нагальна необхідність в узагальненні даних про розчинники у реставрації живопису, за відсутності власних інституцій, які б проводили фундаментальні дослідження у цій галузі.

## Список використаних джерел

1. *Алешин А.Б.* Реставрация станковой масляной живописи в России: Развитие принципов и методов. – Л. : «Художник РСФСР», 1989. 160 с., ил.
2. *Бобров Ю.Г.* Лекция «Дублирование поврежденных холстов». Электронный ресурс: <https://www.youtube.com/watch?v=u-bhCL44n-w&t=285s>
3. *Дёрнер М.* Художественные материалы и их применение в живописи. / пер. с нем. СПб. : «Симпозиум», 2016. 430 с.
4. *Глинка Н.Л.* Общая химия. Изд. 15-е, испр. Л.: Изд-во "Химия", 1971, с.712, рис. 145, табл 31.
5. *Лоханько В.Ю.* Художні матеріали і техніка живопису. / За ред. Проф. М.А. Шаронова. Харків : Державне видавництво «Мистецтво», 1938. 187 с.
6. *Малачевская Е.Л.* Материалы для реставрации станковой масляной живописи // Художественное наследие. Вып. 24. – М. : ГосНИИР, 2009. С. 19–38.
7. *Никитин М. К., Мельникова Е. П.* Химия в реставрации: Справ. изд. – Л.: Химия, 1990. – 304 с.
8. *Омельченко П.* Наука про малярські фарби, матеріали та техніки. Харків-Київ : Державне видавництво України, 1930. [Передрук:] Львів, 1996. Т. 1. 178 с.
9. Основы музейной консервации и исследования произведений станковой живописи: под. ред. *Ю.И. Гренберга.* – М.: Изобраз. искусство, 1976. – 223 с.: ил.
10. Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1986. – 208 с., ил.
11. Реставрационные материалы: *Федосеева Т. С., Беляевская О. Н., Гордюшина В. И., Малачевская Е. Л., Писарева С. А.* Курс лекций. - М.: Индрик, 2016. - 232с.
12. Реставрация станковой темперной живописи: Учебник/ Под ред. *В.В. Филатова.* – М.: Изобраз. искусство, 1986. – 264 с.: ил.
13. *Сланский, Б.* «Техника живописи» изд./ М.: Академ. худ. СССР, 1962. – 369 с., ил.
14. Реставрация икон: Методические рекомендации. / Под ред. и с ил. *М.В. Наумовой.* М. : Изд-во В.Х.Н.Р.Ц. им. Академика И.Э. Грабаря, 1993. 226 с., ил.; табл.
15. *Тимченко Т.* Реставрація станкового живопису: проект термінологічного словника // Проблеми українського термінологічного словникарства в



мистецтвознавстві й етнології / Науковий збірник пам'яті Миколи Трохименка. Том I. – Київ : Редакція вісника «АНТ», 2002. – С. 139–148.

16. Уолден С. Реставрация живописи – спасение или уничтожение? / пер. с англ. А.Б.Биргера. – М. : Астрель: АСТ, 2007. – 206 с.

17. Федосеева Т.С. Материалы для реставрации живописи и предметов прикладного искусства. М. : РИО ГосНИИР, 1999. 120 с.

18. Цитович В. Реставрація: між парадигмою і теорією // Пам'ятки України. 2004. Ч. 2. – С. 30–57.

19. Цитович В. Проблематика розкриття станкового живопису в сучасній українській реставрації // Музеї та реставрація у контексті збереження культурної спадщини: актуальні виклики сучасності. Збірник наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції. – НКПІКЗ, НАКККіМ, 9 – 10 червня 2016 р. – К.: НАКККіМ, НКПІКЗ, 2016. – С. 175 – 179.

20. Цитович В. Реставрація пам'яток культури: проект словника загальної термінології // Проблеми українського термінологічного словникарства в мистецтвознавстві й етнології / Науковий збірник пам'яті Миколи Трохименка. Том I. – Київ : Редакція вісника «АНТ», 2002. – С. 133–138.

21. Чмырь В.Д. Материаловедение для маляров. – К.: Вища школа, 1985. – 144 с.

22. Augerson, Christopher. The Use of Less Toxic Solvents in the Treatment of a Royal French Sleigh, ca. 1720. Електронний ресурс: [https://wag-aic.org/2000/WAG\\_00\\_augerson.pdf](https://wag-aic.org/2000/WAG_00_augerson.pdf)

23. Baij Lambert, Hermans Joen, Ormsby Bronwyn, Noble Petria, Iedema Piet, Keune Katrien. A review of solvent action on oil paint // Heritage Science 8, Article number: 43 (2020). Електронний ресурс: <https://heritagesciencejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40494-020-00388-x>

24. Dauchot-Dehon, M. «Les effets des solvants sur les couches picturales» // Institut royal du Patrimoine artistique. Bulletin 14. – 1. Alcools et acétone. 1973/1974. P. 89–104.

25. Nicolaus K. The Restauration of Paintings. Cologne, Könemann, 1998. 422 p.

26. *Phenix, Alan*. Building models : Comparative swelling powers of organic solvents on oil paint and the cleaning of paintings // Conservation Journal Spring 2002 Issue 40. Электронный ресурс: <http://www.vam.ac.uk/content/journals/conservation-journal/issue-40/building-models-comparative-swelling-powers-of-organic-solvents-on-oil-paint-and-the-cleaning-of-paintings/>

27. *Phenix, Alan*. Effects of Organic solvents on Artists' Oil Paint Films: Swelling // smithsonian contributions to museum conservation. Copyright © 2013 The J. Paul Getty Trust. Электронный ресурс: <https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/20491/13.Phenix.SCMC3.Mecklenburg.Web.pdf?sequence=1>

28. *Phenix, Alan*. Some observations on the safe use solvents in the cleaning of painted and decorated surfaces Электронный ресурс: <https://www.buildingconservation.com/articles/solvent/solvent.htm>

29. *Stavroudis Chris, Blank Sharon*. Solvents & Sensibility // WAAC. Newsletter. Vol. 11, Number 2, May 1989, pp. 2 – 10. Электронный ресурс: [https://cool-culturalheritage-org.translate.google/waac/wn/wn11/wn11-2/wn11-202.html?x\\_tr\\_sl=en&x\\_tr\\_tl=uk&x\\_tr\\_hl=uk&x\\_tr\\_pto=nui,sc#part2](https://cool-culturalheritage-org.translate.google/waac/wn/wn11/wn11-2/wn11-202.html?x_tr_sl=en&x_tr_tl=uk&x_tr_hl=uk&x_tr_pto=nui,sc#part2)

30. *Torraca, Giorgio*. Solubility and Solvents for Conservation Problems. – First edition 1975, Reprinted ICCROM 2005. 64 p.

31. World Health Organization. Циклогексанон. Электронный ресурс: [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p\\_lang=ru&p\\_card\\_id=0425&p\\_version=2](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ru&p_card_id=0425&p_version=2)

32.

[9][https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fvalek.su%2Fwpm%2Fedorova%2Fglava4%2F&psig=AOvVaw24BWLWWBq\\_8uhgtby5g98X&ust=1653991648114000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCPCOmpn9hvgCFQAAAAAdAAAAABAX](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fvalek.su%2Fwpm%2Fedorova%2Fglava4%2F&psig=AOvVaw24BWLWWBq_8uhgtby5g98X&ust=1653991648114000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCPCOmpn9hvgCFQAAAAAdAAAAABAX)