

Міністерство культури та стратегічних комунікацій України
Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури
Кафедра техніки та реставрації творів мистецтва

**КОНСЕРВАЦІЯ ТА РЕСТАВРАЦІЯ ТВОРІВ
МИСТЕЦТВА НА ПАПЕРОВІЙ ОСНОВІ**

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

Виконавець:
студентка II курсу ОС «магістр»

**Дзюба Ірина
Максимівна**

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

Рецензент:
кандидат мистецтвознавства,
доцент П.В. Нестеренко

Роботу допущено до захисту
рішенням кафедри
Протокол № 13 від «20» травня 2025 р.
Зав. кафедрою _____ доцент Тимченко Т.Р.
Робота захищена з оцінкою _____

Київ – 2025

АНОТАЦІЯ

Дзюба І.М. Консервація та реставрація творів мистецтва на паперовій основі. 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, 2025.

У роботі розглянуто основні аспекти консервації та реставрації творів на паперовій основі. Прослідковано історію винайдення та поширення паперу. Описано історичні та сучасні методи виготовлення паперу. Розглянуто структуру аркушу паперу як основи графічних творів. Визначено основні компоненти, що складають структуру аркушу та їх вплив на стан збереження твору. Оглянуто найпоширеніші матеріали графіки, їх склад та взаємодію з паперовою основою.

Описано та аналізовано основні чинники деградації творів на паперовій основі. Сформульовано рекомендації, що дозволяють мінімізувати вплив зовнішніх та внутрішніх чинників впливу задля збереження творів.

Проаналізовано та систематизовано основні матеріали та клеї, що застосовуються в реставраційній практиці, описано окремі ситуації використання цих матеріалів. Визначено основні реставраційні процеси, розглянуто передумови їх виконання та ефекти. Здійснено огляд етики та філософії доцільності консерваційно-реставраційних втручань та їх припустимі межі.

Ключові слова: *консервація, реставрація, папір, графіка, паперові носії, твір мистецтва, фізико-хімічні властивості паперу*

ABSTRACT

Dziuba I.M. *Conservation and restoration of art works on paper.* Qualification thesis for the Master's degree in the specialty 023 "Fine Arts, Decorative Arts, Restoration", educational and research program "Restoration of Easel and Monumental Painting". Kyiv: NAFAA, 2025.

This paper explores the key aspects of the conservation and restoration of paper-based artworks. It traces the history of the invention and spread of paper, and describes both historical and modern methods of papermaking. The structure of a sheet of paper as the basis of graphic works is examined, with particular attention paid to its main components and their influence on the condition and preservation of the artwork. Common graphic materials, their composition, and interactions with the paper substrate are also reviewed.

The main factors contributing to the degradation of paper-based works are listed and described. Recommendations are formulated to minimize the impact of external and internal factors in order to preserve such works.

The paper analyzes and systematizes the main materials and adhesives used in restoration practice, outlining specific situations for their application. Core restoration processes are identified, along with the conditions required for their implementation and their effects. Finally, the ethics and philosophy of conservation-restoration interventions are discussed, including the acceptable limits of such actions.

Keywords: *conservation, restoration, paper, graphics, paper supports, work of art, physicochemical properties of paper*

ЗМІСТ

Вступ 6

Розділ I. Історіографія та джерельна база. Історія винайдення та поширення паперу 9

1.1. Історіографія дослідження 9

1.2. Джерельна база та методи дослідження 13

1.3. Методика дослідження 15

Висновки до Розділу I. 16

Розділ II. Структура творів на паперовій основі 18

2.1. Історія винайдення та поширення паперу 18

2.2. Хімічний склад паперу 25

2.3. Найбільш поширені техніки графічного мистецтва 33

Висновки до Розділу II. 47

Розділ III. Основи музейного зберігання творів на паперовій основі 49

3.1. Фактори старіння та пошкодження творів на паперовій основі 49

3.1.1. Освітлення 50

3.1.2. Температурно-вологісний режим 51

3.1.3. Біологічні фактори 53

а) Ураження пліснявою 53

б) Ураження комахами 55

в) Ураження гризунами 56

3.1.4. Хімічний склад середовища 56

3.1.5. Внутрішні чинники 58

3.2. Умови зберігання творів на паперовій основі 61

Висновки до Розділу III. 64

Розділ IV. Основні види пошкоджень творів на паперовій основі та способи їх реставрації 66

4.1. Матеріали що застосовуються в консервації та реставрації 66

а) Види паперу, що застосовуються для підклейки розривів, доповнення втрат та дублювання аркуша 66

б) Найпоширеніші клеї 68

4.2. Основні консерваційні процеси 73

а) Очищення (механічне та хімічне) 74

б) Промивання 76

в) Пластифікація 79

г) Підклейка заломів, розривів та доповнення втрат основи 81

г) Дублювання 82

д) Тонування 83

Висновки до Розділу IV. 86

ВИСНОВКИ 88

Список використаних джерел 92

Перелік ілюстрацій 96

Додатки (Ілюстративний матеріал) 97

ВСТУП

Актуальність дослідження.

У сучасних умовах стрімкого старіння та руйнування паперових носіїв, що складають значну частину мистецької та документальної спадщини, розробка і вдосконалення методів реставрації творів мистецтва на паперовій основі набуває особливої важливості. Ці об'єкти є не лише візуальними артефактами, а й носіями культурної пам'яті, історичної інформації та національної ідентичності, тому їхнє збереження має пріоритетне значення як у фаховому, так і в суспільному вимірі.

Папір — складний багатокомпонентний матеріал, фізико-хімічні властивості якого залежать від його складу, способу виготовлення, наявності проклеюк, наповнювачів та типу волокон. Саме ці характеристики визначають довговічність основи, її чутливість до світла, вологи, температури, кислотності та біологічного ураження. Особливо актуальними є проблеми збереження паперу, виготовленого з деревної сировини, що масово використовувався у ХІХ–ХХ століттях і характеризується низькою стабільністю до зовнішніх впливів.

Реставрація творів на паперовій основі — це не лише технічне завдання, а й складний міждисциплінарний процес, що потребує поєднання матеріалознавчого, хімічного, мистецтвознавчого й етичного аналізу. Вона вимагає глибокого розуміння структури матеріалу, механізмів його деградації та можливостей стабілізації. Знання про фактори старіння паперу, а також про методи його консервації та відновлення, є ключовими для забезпечення збереження культурної спадщини та її доступності майбутнім поколінням.

У цьому контексті системне теоретичне дослідження, спрямоване на аналіз властивостей паперових основ, чинників їх руйнування та сучасних реставраційних підходів, є своєчасним і науково обґрунтованим. Воно дозволяє

закласти підґрунтя для подальшого удосконалення практичних методів втручання та формування відповідальної реставраційної політики, орієнтованої на довготривале збереження паперових мистецьких творів.

Розробка та вдосконалення методів реставрації творів мистецтва на паперовій основі є важливим завданням для забезпечення їх довговічності та збереження культурної спадщини. Знання про властивості паперу, фактори його старіння та методи відновлення сприяють збереженню історичних та мистецьких цінностей.

Тема дослідження: Теоретичне дослідження основ реставрації творів мистецтва на паперовій основі. Аналіз властивостей матеріалу, чинників старіння та сучасних методів консервації та реставрації.

Об'єкт дослідження: Папір як матеріальна основа графічних і документальних творів мистецтва. Мистецькі твори на паперовій основі як об'єкти консервації та реставрації.

Предмет дослідження: Історія паперу, властивості творів на папері – паперової основи та носіїв, фактори старіння та пошкодження та основні методи консервації та реставрації творів на паперовій основі.

Завдання дослідження:

- Дослідити основні види паперових основ, що використовуються в мистецьких творах.
- Визначити фактори, які впливають на старіння паперу.
- Проаналізувати сучасні методи реставрації паперу.
- Розробити рекомендації щодо збереження паперових основ у несприятливих умовах середовища.

Наукова новизна дослідження: Наукова новизна дослідження полягає у встановленні залежності між складом паперу та його стійкістю до старіння, а також в узагальненні сучасних підходів до реставрації паперових основ

мистецьких творів. Також новизна полягає в узагальненні та структуризації сучасних реставраційних підходів на прикладі зарубіжної та вітчизняної практики.

Методика дослідження. Під час написання дипломної роботи було використано системний підхід. В основу покладено комплекс історико-аналітичних і порівняльних методів, аналіз джерел, метод систематизації отриманих даних. Застосовано такі загальнонаукові методи дослідження, як емпіричні та теоретичні, а саме – історичний підхід, метод аналізу та синтезу, індуктивний та дедуктивний підходи, порівняння та узагальнення. Був також застосований емпіричний метод спостереження (стану об’єктів на паперовій основі, процесів консервації та реставрації).

Апробація результатів дослідження. Окремі положення були опубліковані у вигляді тез IV Міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в архітектурі, дизайні та мистецтві: до 150-річчя Олександра Вербицького» (21 – 23 травня 2025 року, НАОМА) «Структура паперу як основи графічних творів».

Структура та обсяг: магістерська робота складається з чотирьох розділів та, списку використаних джерел та списку ілюстративного матеріалу, та додатку ілюстрацій та таблиць. Обсяг текстової частини – 91 сторінка. Обсяг додатків – 15 сторінок. Загальна кількість сторінок 106.

Розділ I. ІСТОРИОГРАФІЯ ТА ДЖЕРЕЛЬНА БАЗА ДОСЛІДЖЕННЯ

Історія винайдення та поширення паперу

1.1. Історіографія дослідження

Питання збереження, дослідження та реставрації паперових артефактів — предмет міждисциплінарного інтересу, що охоплює матеріалознавство, хімію, біологію, а також історію мистецтва й архівознавство. Станом на сьогодні існує широка база публікацій, у яких комплексно розглядаються методи реставрації графіки, чинники старіння паперу, а також будова та хімічний склад матеріалів. Нижче подано огляд основних праць, що формують теоретичну основу дослідження.

Насамперед варто згадати значні за обсягом та змістом праці, які окреслюють *проблематику реставрації творів на папері* в широкому контексті. Видання *"New Approaches to Book and Paper Conservation – Restoration"* (2011) [28] є однією з найбільш авторитетних міжнародних збірок, що об'єднує сучасні підходи до реставрації та приклади з практики європейських установ. Історичний аспект реставраційної практики ґрунтовно висвітлено у дисертаційному дослідженні Марвік (Marwick C. S.) *An historical study of paper document restoration methods : master's thesis : 1964* «Library Science» («Історичне дослідження методів реставрації паперових документів: магістерська дисертація, 1964 рік, спеціальність "Бібліотекознавство"») (1964) [25], де проаналізовано методи реставрації паперових документів упродовж XX століття. Не менш значущою є книга Макса Швайдлера (Schweidler M.) *"The Restoration of Engravings, Drawings, Books and Other Works on Paper"* («Реставрація гравюр, малюнків, книг та інших творів на папері») (2006) [37],

яка є фундаментальною для розуміння традиційних підходів у сфері консервації.

Дослідження внутрішньої структури паперу та його складу становить окремий сегмент наукового інтересу. В українському середовищі робота Н.Л. Талімонової і Л.О. Бабанської (2021) [5] має прикладне значення для бібліотечних фондів та описує методiku аналізу волокнистого складу документів з використанням мікроскопічних досліджень. У міжнародному контексті важливими є праці Верверіса (Ververis Ch.) *Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant material and their suitability for paper production* («Параметри волокон, вміст лігніну та целюлози в різних рослинних матеріалах і їхня придатність для виробництва паперу») (2004) [41], де проаналізовано розміри волокон, вміст лігніну і целюлози у сировині для виробництва паперу. Збірка *Paper Products: Physics and Technology* («Продукти паперу: фізика й технологія») (2009) [30], що розкриває фізико-хімічні властивості паперу, включно з опором до згину, пористістю, а також впливом складу волокон на стабільність матеріалу в часі.

Наступна група джерел присвячена **факторам деградації паперу** — як зовнішнім, так і внутрішнім. Стаття Ергардта, Тумоси й Мекленбурга (Erhardt D., Tumosa C. S., Mecklenburg M. F.) *Material consequences of the aging of paper* («Матеріальні наслідки старіння паперу») (1999) [15] подає розгорнутий огляд фізичних наслідків старіння паперу. Зміни, викликані кислотністю, детально проаналізовано у роботах Баті та співавторів (Baty J.W. et al.) *Deacidification for the conservation and preservation of paper-based works: a review* («Знекислення для консервації та збереження творів на паперовій основі: огляд») (2010) [8], а також у публікації Л. Розумної і Л. Льоди (2023) [4], які вказують на специфіку збереження друкованих видань. Значну увагу привертає дослідження Бредерека та співавторів (Bredereck K., Anders M., Haberditzl A.) *Mechanisms of Paper*

Ageing and Non-aqueous Paper Deacidification Combined with Paper Strengthening («Механізми старіння паперу та безводне знекислення у поєднанні з укріпленням паперової основи») (1996) [10], де описано механізми старіння паперу та комбіновані методи неводної дезактивації, які сприяють зміцненню аркуша.

Біологічні загрози, зокрема, дію плісняви та бактерій, проаналізовано у роботах Секейри та ін. (Sequeira S., Cabrita E. J., Macedo M. F.) *Antifungals on paper conservation: An overview* («Антигрибкові засоби в консервації паперу: огляд») (2012) [38], а також Пінейро зі співавторами (Pinheiro A. C. et al.) *Fungal presence in archival settings: assessment using classic culturing and molecular biology methods* («Наявність грибкових забруднень в архівних сховищах: оцінювання за допомогою класичних методів культивування та методів молекулярної біології») (2011) [31], які використовують як класичні мікробіологічні, так і молекулярні методи виявлення мікроорганізмів.

Матеріали та техніки малюнку й письма, як складову частину структури творів на паперовій основі висвітлено у низці публікацій. Наприклад, дослідження Сістач та Еспадалера (Sistach M. C., Espadaler I.) *Organic and Inorganic Components of Iron Gall Ink* («Органічні та неорганічні компоненти залізо-галових чорнил») (1993) [39] присвячено органічному та неорганічному складу залізо-галових чорнил — чорнила, що використовувалося для письма та малювання і яке найчастіше зустрічається в історичних документах. Стаття Кеннона (Cannon, A.) *Interactions Between Adhesives From Natural Sources and Paper Substrates* («Взаємодія між клеями природного походження та паперовими матеріалами») (2011) [12] описує взаємодію натуральних клеїв із целюлозним волокном паперу, що є критичним при виборі реставраційних клейових систем. Важливою є також книга Пулсона (Poulson T. G.) *Retouching of Art on Paper* («Ретушування мистецтва на папері») (2008) [32], яка

концентрується на техніках ретуші творів на папері, ураховуючи чутливість графічного шару до втручання.

Окреме місце посідає огляд Зервос і Алексопулу (Zervos S., Alexopoulou I.) *Paper conservation methods: a literature review* («Методи консервації паперу: огляд літератури») (2015) [44], що систематизує сучасні **методи консервації паперу**, включаючи використання полімерів, гелів та неводних розчинників. Цікаві емпіричні дані представлено в публікації Мадзука та ін. (Mazzuca C., et al.) *Evaluating the influence of paper characteristics on the efficacy of new poly(vinyl alcohol) based hydrogels for cleaning modern and ancient paper* («Оцінка впливу характеристик паперу на ефективність нових гідрогелів на основі полі(вінілового спирту) для очищення сучасного та старого паперу») (2020) [26], де оцінюється ефективність нових гідрогелів на основі полівінілового спирту для очищення старого та сучасного паперу. Роль мікроскопічного аналізу при обробці розчинниками описана в дослідженні Роуз, Єфремова й Лупу (Rose I. R., Efremov Y., Lupu M.) *Microscopic Examination of Works of Art on Paper during Solvent Treatments in Order to Determine Their Effects on Fibers and Pigments-A Joint American-Romanian Research Project* («Мікроскопічне дослідження творів мистецтва на папері під час обробки розчинниками з метою визначення їхнього впливу на волокна та пігменти: спільний американсько-румунський дослідницький проєкт») (1993) [34], що демонструє важливість міждисциплінарного підходу до реставрації графіки. У вітчизняному контексті цінним є методичний посібник О.Б. Андріанової зі співавторами *"Технологічні дослідження творів європейської графіки з колекції музею Ханенків"* (2021) [1], де розкрито як технологічні аспекти створення графіки, так і методи консервації.

Загалом, наявна література свідчить про високу складність та багатогранність реставрації творів на папері. Історичний контекст, техніки

виконання, склад матеріалів, чинники старіння і деградації, а також сучасні технології консерваційної інтервенції — усе це елементи великої системи, що потребує ретельного вивчення, зваженого підходу та міжгалузевої співпраці. Саме тому в рамках цього дослідження особливу увагу приділено комплексному аналізу, який поєднує матеріалознавчі дослідження з практичним досвідом реставрації.

1.2. Джерельна база та методи дослідження

Дослідження, присвячене історії, теорії та сучасним підходам до реставрації творів на папері, ґрунтується на широкому спектрі джерел, що включають фахову літературу, публікації в академічних журналах, методичні рекомендації, аналітичні огляди, звіти міжнародних реставраційних форумів, а також узагальнені положення з монографій і збірок науково-практичних конференцій. Основну увагу приділено працям, які стосуються становлення та розвитку консерваційної думки, технологічної еволюції реставраційних підходів, а також проблемам матеріалознавчого аналізу паперових носіїв. Джерела були відібрані з огляду на їх наукову авторитетність, актуальність, належність до професійного середовища та ступінь впливу на формування сучасного теоретичного поля реставраційної науки.

Основу джерельної бази становлять як вітчизняні, так і зарубіжні публікації, в яких розглядаються окремі аспекти консервації паперових пам'яток: фізико-хімічні особливості основи, фактори старіння, вплив зовнішнього середовища, методи стабілізації та профілактичні заходи. У межах роботи було опрацьовано матеріали різного хронологічного охоплення — від класичних праць з історії паперу, зокрема, фундаментальної монографії Д. Гантера (Hunter D.) *Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft*

(«Виробництво паперу: історія та технологія стародавнього ремесла») (1947) [21], до сучасних міждисциплінарних досліджень, опублікованих у збірниках ICOM-CC (від 1970-х років до 2020-х) та у фахових періодичних виданнях (*Cellulose*, *BioResources*, *Papier Restaurierung*, *Studies in Conservation* та ін.).

Значну частину дослідження присвячено вивченню наукових підходів, які використовуються у практиці консервації в різних культурних контекстах. Особливо цінними у цьому аспекті стали міждисциплінарні огляди, де методики аналізу матеріалу поєднуються з етичними питаннями реставрації, визначенням припустимих меж консерваційно-реставраційного втручання, ролі технічного дослідження у процесі прийняття рішень. Так, праці Зервос і Алексопулу (2015) [44], Г. Баніка (Banik G.) *Conservation of Water Damaged Museum and Archival Documents* («Консервація музейних та архівних документів, пошкоджених водою») (1990) [6], П. Равінеса та А. Форі (Ravines P., Faurie A.) *The Impregnation and Absorption Behaviour of Methyl Cellulose on Two Modern Papers* («Проникнення та абсорбційна поведінка метилцелюлози на двох сучасних типах паперу») (1993) [33], М. Швайдлера (Schweidler M.) *The restoration of engravings, drawings, books, and other works on paper* («Реставрація гравюр, малюнків, книг та інших творів на папері») (2006) [37] надали не лише історичну перспективу розвитку реставраційної практики, а й сучасну інтерпретацію ключових понять — таких як *збереження*, *стабілізація*, *естетичне відновлення*. У вітчизняному контексті джерельну основу становили аналітичні матеріали фахівців ННДРЦУ та інших установ, у т. ч. провідних бібліотечних центрів (публікації Л. Розумної та Л. Льоди [4], М. Борисенко [2], Н. Талімонової [5], О. Андріанової [1]), які дозволили відстежити трансформацію методів в українському професійному середовищі.

На особливу увагу заслуговують звіти та праці, присвячені дослідженню впливу зовнішніх та внутрішніх чинників на деградацію паперу. Матеріали, що

стосуються кислотності, старіння целюлози, біологічного ураження, дії світла та вологості, розглянуті не лише з позицій хімічного аналізу, але й крізь призму реставраційного реагування на ці зміни. Таким чином, джерельна база дозволила сформулювати цілісне уявлення про складну взаємодію матеріалу, часу і середовища, що є ключовою у реставраційній теорії.

Отже, джерельна база дослідження охоплює широкий спектр публікацій, що відображають різні аспекти реставраційної діяльності: від історичних до сучасних науково обґрунтованих підходів. Поєднання аналітичного й порівняльного методів дало змогу не лише узагальнити наявні знання, але й виокремити ті напрямки, які потребують подальшої розробки, зокрема в українському контексті. Робота базується на принципах критичного осмислення джерел, відбору релевантної інформації та її систематизації відповідно до цілей дослідження.

1.3. Методика дослідження

Методику дослідження визначено відповідно до його завдань. В основу покладено комплекс історико-аналітичних і порівняльних методів, які дозволяють критично оцінити та зіставити різні підходи до реставрації паперових творів. Одним із ключових методів став аналіз джерел — як якісний, так і критичний, що дозволив не лише узагальнити вже наявні позиції науковців, але й виявити певні розбіжності, точки наукового консенсусу або навпаки — дискусійні зони.

Застосовано також метод систематизації наукових позицій, який дав змогу структурувати джерела за змістовими категоріями: історія паперу, матеріали письма й малюнку, фактори старіння, методи відновлення, етичні принципи тощо. У межах цього підходу проведено порівняння між

західноєвропейськими, американськими та українськими публікаціями, що дозволило окреслити як загальні тенденції розвитку галузі, так і локальні особливості підходів до реставрації у різних фахових школах.

З огляду на складність та комплексність досліджуваної теми використовувався метод порівняльного аналізу. Він був корисним для зіставлення різних теоретичних підходів і уявлень про ефективність певних втручань у збереження творів на паперовій основі. Аналіз джерел дозволив зіставити хронологічні зміни в ставленні до реставраційного втручання, акцентуючи увагу на переході від концепції «повного відновлення» до ідеї «збереження слідів старіння».

Висновки до Розділу I

У межах першого розділу було розглянуто основні наукові підходи, джерела та історичний контекст, пов'язаний із вивченням та збереженням паперових носіїв. Аналіз історіографії дозволив простежити той факт, що питання збереження графіки та документів на папері розвивалися в площині міждисциплінарної взаємодії — на стику матеріалознавства, фізико-хімічних наук, мистецтвознавства та бібліотечної справи. Особливу увагу приділено огляду праць, у яких комплексно представлено техніко-технологічні особливості реставрації, чинники деградації паперу та особливості художніх матеріалів, що використовуються у графіці. Важливо, що в сучасній науковій літературі простежується послідовний перехід від прикладного опису окремих технік до формування повноцінної теоретичної основи реставраційної науки, яка враховує фізичну природу матеріалів, динаміку старіння та етичні межі реставраційного втручання.

Джерельна база дослідження охоплює широкий спектр матеріалів – від класичних праць з історії паперу до сучасних міждисциплінарних публікацій. Аналіз джерел дозволяє окреслити коло теоретичних підходів до визначення природи пошкоджень, до стабілізації та методів збереження цілісності об'єкта. Значну частину джерел становлять матеріали міжнародних конференцій, зокрема ICOM-CC, які відображають актуальний стан наукового консенсусу у галузі консервації паперу. Українські публікації доповнили картину, дозволивши простежити локальні особливості практики реставрації, орієнтованої на адаптацію світових методик до умов і можливостей національних інституцій. У межах розділу систематизовано й зіставлено джерела за змістовими категоріями: структура паперу, типи графічних матеріалів, чинники деградації, сучасні реставраційні рішення.

Методологічна основа дослідження базується на поєднанні історико-аналітичного, порівняльного та джерелознавчого методів, що дозволяє простежити логіку еволюції наукової думки в цій сфері.

Зміст першого розділу свідчить про те, що консерваційно-реставраційне втручання неможливе без глибокого розуміння як історії паперу, так і особливостей матеріалів, що використовувалися у процесі його створення. Знання технічного та історичного контексту, підкріплене аналізом фахової літератури, дозволяє сформуванню відповідальний, науково обґрунтований підхід до збереження графічних творів та документів на паперовій основі.

Розділ II. СТРУКТУРА ТВОРІВ НА ПАПЕРОВІЙ ОСНОВІ

2.1. Історія винайдення та поширення паперу

Однією з основних ознак цивілізації вчені вважають письмо. Від моменту виникнення мовлення людство прагнуло зафіксувати свої ідеї, досвід і знання, щоб передати їх наступним поколінням. Писемність виникла близько 6 000 років тому, а близько 5 000 років тому ми вже маємо свідчення про перші бібліотеки. Письмо стало потужним каталізатором розвитку державності, права, економіки, культури та науки. Завдяки можливості фіксувати інформацію, цивілізації отримали змогу накопичувати знання, розширювати їх і передавати у спадок.

Для закарбування та передачі інформації на початку цивілізації людство використовувало природні оброблені матеріали, такі як каміння та дерево, листя та кора певних рослин. Потім у вжитку були глиняні та воскові таблички, папірус (III ст. до н.е.), пергамент (II ст. до н.е.) і т. д.). Найдавніші написи вибивали на кам'яних плитах або вирізали на дерев'яних дощечках. Пізніше з'явилися глиняні таблички, що широко використовувалися у Межиріччі, де виникли одні з найдавніших цивілізацій — Шумер і Аккад. Глина, легко доступна і придатна для обробки, дозволяє створювати стійкі носії інформації. Проте громіздкість глиняних табличок обмежувала обсяг текстів. Саме тому людство шукало більш легкі та зручні матеріали для письма.

Папірус, якому ми завдячуємо сучасною назвою паперу, широко використовувався у античні часи, зокрема у Давньому Єгипті. Перші відомості про його використання сягають III тис. до н.е. Папірусні сувої стали основною формою книги в епоху фараонів, завойовуючи популярність і в еллінському світі, і в Античному Римі. На відміну від, наприклад, глиняних табличок з

Месопотамії, аркуші папірису виготовлені з рослинних волокон, часто склеєних між собою та розгладжених, що за фізичними властивостями робить цей матеріал дуже близьким до паперу в сучасному його розумінні.

Для виготовлення аркушу папірису, що підходить для письма, спочатку стебло рослини очищали від кори, а вивільнені внутрішні шари розрізали на невеликі шматки, придатні для подальшої обробки. Шматки папірису нарізали на смужки вздовж розташування волокон і з'єднували між собою з невеликим наступом. Наступний шар, виконаний таким самим чином, розташовували горизонтально та з'єднували обидва шари постукуваннями молотка та пресуванням. Після висихання поверхня загладжувалась камінцями та мушлями, що давало міцну та гладку основу, яка чудово підходить для письма (іл. 1). Поєднуючи такі окремі аркуші між собою, давні єгиптяни і отримали знамениті сувої, що існували як найпопулярніша форма книги, поки не були витіснені кодексами вже в нашу еру. Теплий та сухий клімат Єгипту ідеально підходив для довготривалого використання папірису, скручування та розгортання. Жарким та сухим піскам Єгипту ми завдячуємо збереженню багатьох античних рукописів на папірусі [37, р .39].

У II ст. до н.е. у місті Пергам (Мала Азія) винайшли новий матеріал для письма — пергамент, виготовлений із шкур молодих тварин (телят, козенят або ягнят). Перед використанням поверхню шматка пергаменту зазвичай обробляли клеєм тваринного походження, інколи наносили мінеральний ґрунт [3, с. 281]. Ці процедури поліпшували всотуваність поверхні та забезпечували рівномірність нанесення зображення. Пергамент мав більшу міцність і довговічність, ніж папірус, і дозволяв писати з обох сторін аркуша. Пергамент поширився швидко, особливо у європейських монастирях у Середньовіччі, де на його основі створювали ілюміновані рукописи — справжні шедеври книжкового мистецтва.

У сучасних дослідників не виникає жодних сумнівів, що вперше папір почали виготовляти в Китаї. Винайдення процесу виготовлення паперу традиційно приписують Цай-Луню та китайські літописи датують відкриття 105 р. н.е. (іл. 2). У 1957 році в районі Бацяо, провінція Шаньсі, була виявлена гробниця періоду Західної Хань, серед знахідок якої — фрагменти аркушів паперу. Проведені дослідження засвідчили, що цей папір виготовлено ще у II столітті до нашої ери. Аналогічно датуються залишки паперової карти, знайденої у 1986 році під час археологічних розкопок у селищі Фанматань, провінція Ганьсу. Обидві знахідки свідчать про існування паперу задовго до офіційно визнаного винаходу Цай Лунем у 105 році н.е. [25, р.1].

Сировиною для оригінального китайського паперу слугували деревна кора, волокна коноплі та ганчір'я. Сировину розмелювали та варили з додаванням рослинного клею до отримання однорідної маси. Потім починався процес «черпання» — масу, що зварилася, вичерпували дерев'яною рамою з сіткою. Так формувався паперовий лист, який пізніше пресували та сушили.

Учень-послідовник Цай-Луня Цо Цу-ї поширив процес виготовлення по всій Китайській імперії, а також за її межі. Використання паперу стрімко поширювалось та досягло Кореї у IV ст. до н. е., а вже на початку VI ст., зокрема через буддистські монастирі – Японії. Таким чином до VII ст. н.е. папір вже розповсюдився по всьому Далекому Сходу (Китай, Корея, Японія, В'єтнам та Індія).

Численними торговими шляхами папір потрапив до Центральної Азії та Персії, існують свідчення про існування паперу в Самарканді вже в 650 р. Проте Китай експортував лише готовий продукт, зберігаючи методику виробництва в секреті та залишаючись таким чином монополістом з виготовлення паперу.

Шестисотрічна монополія завершилась 751-го року, коли у битві на р. Тараз араби захопили в полон майстрів виготовлення паперу та дізнались від них секрети виробництва [25, р. 3]. У VIII ст. Самарканд, Багдад, та дамаск стали трьома основними центрами виготовлення паперу в арабському світі. В тому числі завдяки поширенню паперу Багдад, Каїр і Кордова перетворилися на осередки науки, культури і літератури. Саме завдяки паперу з'явилися масштабні перекладацькі рухи арабського Сходу, які зберегли та передали Європі твори античних мислителів.

На початку XI ст., також завдяки торгівельним зв'язкам з прогресивним тоді Близьким Сходом, папір потрапляє до Єгипту, де знадобилося ціле століття для початку місцевого виготовлення.

У XII ст. разом з арабськими завоюваннями в Іспанії папір нарешті потрапляє до Європи. Але, папір, виготовлений в Іспанії, значно поступається якістю. Проте через сторіччя, перетнувши кордони Італії, з 1276 року в м. Фабріано італійці починають виготовляти високоякісний папір, що швидко розповсюджується та покриває більшість потреб європейців.

Протягом XIII–XIV ст. папір шириться всією Європою (Італія, Франція, Германія тощо). Згідно з Хантером, папір потрапляє до Германії і 1228 р., перший паперовий млин засновано в Нюрнберзі в 1390 р.. Франція починає власне виробництво паперу у XIV ст. Датою заснування першого паперового млину в Англії вважається 1496 р. (м. Хертфордшир). А вже з XVI ст. технологія поширюється до Нового Світу (1575 р. – відкриття виробництва у Мексиці, 1690 р. – у Північній Америці) [25, р.5].

Таким чином, паперу знадобилось понад тисяча років, щоб розповсюдитись по всьому світу. Такому повільному поширенню сприяли різні чинники, серед них – територіальна віддаленість, складні транспортні та торгові зв'язки, а головне – бажання утаємничити секрети виробництва.

Дослідники вважають, що нешвидкому та навіть неохочому розповсюдженню паперу Європою сприяло, зокрема, значне поширення пергаменту як основи для письма: його виробники у європейських державах досконало володіли складною технікою виготовлення якісного пергаменту та мали вдосталь сировини для задоволення тогочасних потреб. Оскільки в ті часи письмена еліта було досить незначна за чисельністю, запит на рукописні тексти був обмеженим. Окрім того, тогочасний папір поступався в стійкості та був дорожчим за перевірений часом пергамент. Тож до винайдення друкарського верстату не існувало потреби в дешевому та масовому аналозі пергаменту. "Поява друкарства змінила хід опору, і хоча саме поява паперу зробила можливим винахід друкарства, саме друкарство зробило використання паперу загальним..." [25, р. 6].

До початку XIX ст. виготовленням паперу займалися невеликі виробництва – мануфактури, що часто були сімейним бізнесом. Сировиною для європейського паперу традиційно слугувала рослинна сировина, проте не свіжі рослинні волокна, а вторинний продукт, відходи текстилю, такі як обрізки тканин, мотузок та канатів, сіток, вітрил, зношені речі, одним словом – ганчірки. Саме тому вид паперу з вторинно переробленої рослинної сировини носить назву ганчір'яного.

Процес виробництва починався з ретельного відбору сировини – її сортували за якістю, матеріалом (льон та бавовна були найпоширенішими), текстурою та кольором. Найбільш інтенсивно пофарбований текстиль вилучався, оскільки процес відбілювання сировини за допомогою хлору було винайдено та застосовано набагато пізніше. Робочі видаляли забруднення та глибокі плями за допомогою попелу, що не тільки очищав ганчір'я, а й робив його волокна більш пластичними. Розбиття сировини на волокна відбувалось у великих ступах. Такий процес лагідно розділяв рослинні волокна, не

подрібнюючи їх. Довжина волокон впливала на якість їх зчеплення між собою в процесі лиття та забезпечувала міцність аркушу паперу без додаткових проклеюк та наповнювачів. Подрібнені волокна висипали в ємність, наповнену водою, таким чином утворювалась паперова маса, готова до відливання аркушів.

Для формування аркушу паперу в ручному виробництві використовували форму, що являла собою сітку, натягнуту на дерев'яну раму. Отвори плетіння в сітці були відповідного розміру, для того щоб вільно пропускати воду, але затримувати на поверхні сітки паперові волокна. Паперову масу рівномірно розміщували та зачерпували такою сіткою, отримуючи рівномірний аркуш паперу бажаної товщини.

Після формування аркушу його відразу перекладали на сукно – неткану натуральну тканину, та, накриваючи зверху таким же сукном, відправляли до ручного пресу. Товсте щільне сукно всотувало в себе вологу з паперу та не залишало відбитку текстури, на відміну від тканого полотна. Таким чином, відбувався перший етап відтискання води та просушки. Наступне пресування відбувалось вже без сукон. Потім аркуші розвішували просуватись на повітрі на мотузці. Є свідчення що в зимові місяці під час морозу виробники сушили аркуші паперу надворі, що додатково трішки висвітлювало їх колір, роблячи білішими.

Після процесу висихання аркуші переглядали та сортували, залишаючи найкращі для друку на них.

При такій методиці можливе було тільки поштучне виготовлення паперу по одному аркушу, що робило процес кропітким та дорогим і унеможлиблювало масове виробництво в індустріальних масштабах. Проте, ручний відбір та обробка матеріалів забезпечувала і високу якість паперу.

Папір, виготовлений таким чином, у своїй більшості зберігає свої властивості і донині та вважається високоякісним та довговічним матеріалом.

Вже в XIV–XV ст. виробництво наближалось до фабричного процесу. Потреба в папері, викликана винайденням та поширенням друкарства, стимулювала технічні інновації у сфері виготовлення паперу. Фабрики-папірні діяли на базі водяних млинів. Процес розбиття волокон з ручного перетворився на механічний – велика шестерня, керована силою води, обертала дерев'яні блоки, подрібнюючи сировину. Наприкінці XVII ст. у Голландії винайшли машину, що подрібнювала волокна вже металевими зубцями, не товчучи їх, а розрізаючи на дрібні часточки.

Також модернізувались сітки – з тканих вони змінились на сітки з тонкого мідного дроту. Папір, відлитий на таких сітках, мав невеликі перепади товщини і на просвіт на готовому аркуші просвічував слід від сітки. Часто виробники ручну виготовляли з надзвичайно тонкого дроту та закріплювали на таких сітках емблеми своїх фабрик. Таким чином на аркуші в процесі відливання утворювався водяний знак (філігрань) – мітка фабрики, а іноді й рік випуску [37, р.42].

Винахід француза Ніколя-Луї Робера в 1799 році відкрив сучасну еру у виробництві паперу. Він сконструював першу паперовиробну машину, яка дозволила виготовляти папір не поштучно, аркуш за аркушем, як це відбувалося у традиційному ручному виробництві, а безперервною стрічкою — довгим полотном. Це стало вирішальним кроком до індустріалізації процесу. Після доопрацювання машини англійськими інженерами-братами Фурдріньє (Fourdrinier), вона отримала значне поширення у Франції, Англії та згодом в інших країнах Європи. Завдяки цій технології стало можливим значне підвищення продуктивності, зниження вартості паперу та задоволення зростаючих потреб друкарства, освіти та адміністрації. Новий формат

виробництва заклав основу для масового виготовлення друкованої продукції та формування паперу як універсального носія інформації в сучасному розумінні.

До 70-х рр. XIX століття папір у Європі продовжували виготовляти переважно з відходів текстилю — лляного або бавовняного ганчір'я. Спочатку цей процес був повністю ручним, однак із кінця XVIII століття, у зв'язку з технічним прогресом і розвитком машинобудування, почали запроваджувати механізовані способи обробки сировини та лиття аркушів. Утім, зростання попиту на дешевий і масовий папір, особливо після поширення газетної справи та доступної книжкової продукції, спричинило пошук нової, більш доступної сировини. У середині XIX століття поступово впроваджується виробництво деревного паперу — спочатку шляхом механічного подрібнення деревини, згодом — хімічної переробки целюлозної маси. З цього моменту розпочався новий етап в історії паперу — етап масовості, механізації та водночас — стрімкого старіння, що й сьогодні становить виклик для фахівців з реставрації та збереження документальної спадщини.

2.1. Хімічний склад паперу

Папір – матеріал у формі аркушу, основною складовою якого є рослинні волокна. У структурі аркушу спеціально оброблені волокна переплетені хаотичним чином, що забезпечує їх зчеплення та міцність паперової основи.

Папір є багатокомпонентним матеріалом, склад і властивості якого визначають його довговічність, стійкість до впливів навколишнього середовища та відповідність для мистецьких чи документальних цілей. Композицію аркушу паперу можна поділити на три основні складові: волокно, наповнювач та проклейка.

Волокно

Паперові волокна класифікуються за походженням, складом, розміром та властивостями. Їх вибір залежить від цілей виробництва паперу, його застосування та вимог до якості.

Основним матеріалом для виготовлення паперу є рослинні волокна. Вони мають природне походження та характеризуються високим вмістом целюлози (іл. 3).

Целюлоза (клітковина) складає основну масу рослинних клітин. Це природний полімер, що забезпечує паперу міцність та водночас гнучкість – властивості які так важливі для основи для письма та графіки. Чистої целюлози в природі не існує, проте у волокнах трав'яних рослин її вміст у стінках клітин може сягати до 95 та навіть 98 %. Кількість чистої целюлози найбільша в бавовняному волокні, наступне місце за вмістом целюлози після бавовни посідає льон [41, р. 248].

Основними структурними характеристиками, які визначають її фізико-механічні властивості, є рівень кристалічності та наявність аморфних зон. Кристалічні області формуються за рахунок регулярного укладання полімерних ланцюгів у щільну впорядковану структуру, яка є менш проникною та більш стійкою до хімічних і біологічних впливів. Згідно з науковими дослідженнями, саме кристалічні ділянки целюлози виявляють значно вищу стійкість до деградаційних процесів, зокрема кислотного гідролізу.

З огляду на вищезазначені властивості рослинних волокон, найбільш придатними для виробництва якісного паперу вважаються волокна бавовни, льону, конопель, пеньки та джуту, адже вони мають низький вміст лігніну або не містять його зовсім. Також ці рослини мають досить значну довжину окремих волокон, що при процесі виливання паперу внаслідок їх заплутування забезпечує краще зчеплення між собою в структурі аркушу, і як наслідок,

більшу міцність основи. Папір, виготовлений з таких волокон є довговічним, тож використовується для художніх практик, банкнот, документів тощо.

Історично папір виготовлявся з відходів текстилю (ганчір'яний папір). Основою таких аркушів якраз і були волокна з високим вмістом целюлози, оскільки для виготовлення тогочасного текстилю застосовували як найпоширеніші ті ж самі натуральні рослинні волокна, зокрема бавовну, льон, коноплі. Якісна сировина і делікатна технологія ручного виробництва пояснюють збереження ганчір'яного паперу у чудовому стані навіть через століття [38, с. 44]. Технологія ручного подрібнення волокон була неагресивною, завдяки чому і зберігалась максимальна довжина окремих волокон. При ручному відливі аркуша волокна сплутувались між собою у всіх можливих напрямках, міцно скріплюючись між собою [30, р. 11]. Таке переплетення забезпечує однакову міцність основи в різних напрямках, що в свою чергу запобігає деформуванню основи, скручуванню, яке може в подальшому призвести до заломів та розривів. В доіндустріальну епоху дуже обмежено застосовувались, або зовсім були відсутні в процесі виробництва хімічно активні речовини, такі як, наприклад, відбілювачі, що також допомагало зберегти природну силу та еластичність целюлози. Таким чином, склад та технологія виробництва ганчір'яного паперу забезпечує його високу якість та довговічність, що і можуть спостерігати консерватори та реставратори. Твори на такому папері, якщо не зазнали механічних пошкоджень, часто доходять до наших часів майже в незмінному стані, такі аркуші майже не мають загального пожовтіння, зберігають свою структуру та гнучкість, забезпечуючи довге існування твору чи документу на даній основі.

Крім волокон трав'янистих рослин, у виготовленні сучасного паперу широко застосовуються волокна деревного походження. На відміну від трав'яних, деревні волокна містять набагато менше целюлози — близько 45–

50%, а решту становлять домішки: лігнін, пентозани, барвники, клеючі речовини, смоли та мінеральні солі. Сировина з деревини особливо багата на лігнін, вміст якого у хвойних породах сягає до 35%, а в листяних — 20–25%. Ця речовина відповідає за природну жорсткість і механічну міцність стебел та стовбурів, але одночасно створює низку проблем у контексті довговічності паперу [41, р. 248].

Лігнін — природний ароматичний полімер, чутливий до світла й окислювальних процесів. Через свою хімічну структуру він легко вступає в реакції з киснем та ультрафіолетовим випромінюванням, що викликає його розкладання й утворення хромофорних груп — молекул, що зумовлюють пожовтіння паперу. Таке пожовтіння — не лише естетична проблема. Воно супроводжується поступовою втратою механічної міцності: папір стає ламким, менш еластичним і швидше руйнується при згинанні або контакті з повітрям і світлом.

Історично деревні волокна почали активно використовуватись із початком індустріалізації, після винайдення машин для їх переробки. Вже у XVIII столітті в Європі обговорювались переваги дешевої деревної сировини, і до XIX століття її використання стало масовим. Проте папір, виготовлений із таких волокон, не призначений для тривалого зберігання. Саме через високий вміст лігніну цей папір піддається швидкому старінню.

Целюлоза, як полімерна сполука, складається з довгих ланцюгів глюкозних одиниць, з'єднаних міцними глікозидними зв'язками. Зазвичай ці ланцюги є досить стабільними, однак під дією певних зовнішніх чинників вони починають розщеплюватися. Проте в присутності кислот ці зв'язки стають вразливими до гідролітичного розриву, внаслідок чого макромолекули розщеплюються на коротші фрагменти. Такий процес розщеплення целюлозних волокон називається гідролізом. Ключову роль у гідролізі волокон целюлози

відіграє підвищена кислотність середовища, у якому знаходиться папір. Лігнін є каталізатором для поглинання забруднювачів з атмосфери, а саме діоксиду сірки – SO₂. Ці сполуки, потрапляючи в структуру паперу, можуть утворювати кислоти, що і пришвидшують гідроліз целюлозних волокон.

“Через гідроліз діоксид сірки, який надходить у структуру паперу під час виготовлення, з атмосферного середовища або з кислотних чорнил, перетворюється на сірчану кислоту. Вона розкладає целюлозу, головний компонент паперу, і пошкоджує додатково нецелюлозні компоненти менш якісного паперу, що робить кислотність активним агентом хімічної деградації” [25, р. 23–24].

Процес гідролізу безпосередньо впливає на міцність паперу: чим коротші ланцюги, тим нижчі механічні властивості. Паперова основа втрачає свої властивості, стає ламкою, крихкою і погано витримує навантаження, згинання або згортання. Таким чином, хоча лігнін не є безпосередньою причиною кислотного розкладу, він створює умови, що цьому сприяють.

На противагу цьому, високоякісний архівний папір виготовляється з хімічно очищеної целюлози — як правило, крафтової або сульфатної маси, з якої хімічним шляхом майже повністю вилучено лігнін. Такий папір має нейтральне або слабколужне середовище, що забезпечує його довговічність. Саме тому більшість архівів, бібліотек і видавництв наукових праць переходять до використання безлігнінового паперу. Паперова маса ж з високим вмістом деревних волокон використовується головним чином у виробництві газетного паперу, пакувальних матеріалів, дешевого картону та друкарських видань, яким не потрібна архівна стійкість.

Рециркульовані волокна (вторинна сировина) – це волокна, отримані внаслідок переробки паперу та картону. Їх якість залежить від процесу

очищення та подрібнення, але з кожним циклом волокна стають коротшими, що знижує міцність паперу.

Крім природніх волокон, в наш час для виготовлення паперу використовуються штучні та синтетичні волокна.

Волокна, близькі за якістьми до природніх, на основі целюлози отримуються шляхом хімічної модифікації природної целюлози (прикладом такої сировини є віскоза). Використання таких волокон є доречним для виготовлення паперу з підвищеною волого- та зносостійкістю.

Крім целюлози, також можуть застосовуватись і синтетичні полімери, такі як поліетилен, поліпропілен чи поліакрилати. Їх використовують у спеціальних видах паперу, таких як водонепроникний або термостійкий папір.

Наповнювачі

Наповнювачами виступають хімічно неактивні матеріали, нерозчинні у воді, внаслідок чого вони не вступають у хімічну реакцію і не взаємодіють з волокнами в структурі паперу. При цьому вони рівномірно розподіляються між волокнами, не руйнуючи структури, але помітно змінюючи фізико-хімічні властивості кінцевого продукту. Застосування наповнювачів може мати різні причини. Наповнювачі можуть допомогти змінити і підкоригувати фізичні властивості готових аркушів відповідно до потреб. Їх вводять для зменшення щільності, покращення непрозорості та зниження витрат волокнистої сировини без втрати візуальних і функціональних якостей.

Наповнювачі можуть пом'якшити папір, зробити поверхню більш гладкою та рівномірною. Завдяки зменшенню мікрошорсткості покращується нанесення друкарських матеріалів, підвищується чіткість зображення та зменшується витрата фарби. Мінеральні наповнювачі, такі як, наприклад, карбонат кальцію, додаються для підвищення білизни, міцності та водостійкості паперу. Особливо важливо, що карбонат кальцію відіграє роль

лужного резерву: він нейтралізує залишки кислот у волокнистій масі, тим самим сповільнюючи гідролітичні процеси, які з часом призводять до втрати цілісності паперу. Певні наповнювачі мають здатність вбирати в себе вологу, таким чином збільшуючи всотувальні властивості аркуша паперу. Це використовується для виготовлення паперу з покращеною капілярністю, зокрема для технічних і лабораторних потреб.

Всі ці якості впливають на вигляд носіїв – чорнил, туші, фарб, їх яскравість та регулюють глибину проникнення. Наявність або відсутність мінеральних включень може суттєво змінити абсорбційні характеристики, що, своєю чергою, позначається на контрастності та стійкості відбитків. Вони також виконують роль буферів, що запобігають кислотному руйнуванню паперу, особливо у випадках старіння паперу у несприятливих умовах середовища. За певних умов наповнювачі здатні стабілізувати внутрішнє середовище паперу, запобігаючи накопиченню агресивних речовин із навколишнього повітря, наприклад, діоксиду сірки або оксидів азоту, що у вологому стані перетворюються на кислоти. Тому вибір типу наповнювача напряму пов'язаний з довговічністю паперу та його збереженням у змінному середовищі.

Проклейка

Різноманітні клеї при виготовленні паперу використовуються для запобігання надмірному поглинанню води. Вони створюють на поверхні волокон тонкий гідрофобний шар, що зменшує капілярне проникнення вологи. Історично в якості проклейки використовувалися природні клеї. Найпоширенішими були клеї тваринного походження, такі як желатин, шкіряний клей та рибний клей. Вони відзначалися стабільною буферною здатністю та нейтральним або слабколужним середовищем. При тому історичним методом проклейки було нанесення речовини уже після процесу

відлиття, уже на поверхню готового аркуша. Це забезпечувало не лише гідрофобність, а й певну антибактеріальну дію, що затримувала мікробну деградацію паперу.

З XIX ст. набуває широкого розповсюдження застосування для проклейки аркушів каніфолі (гарпіусу). Каніфольна проклейка зазвичай вводиться одразу в паперову масу, безпосередньо перед відлиттям аркушу. Такий метод був технологічно зручнішим, однак потребував застосування алюмінієвих протруйників, зокрема алюмінієвого сульфату, який активує закріплення смоли. Ці сполуки, однак, залишають у структурі паперу іони, які з часом створюють кислотне середовище. Алюмінієвий сульфат, реагуючи з вологою та забруднювачами повітря, призводить до поступового зниження рН всередині волокна, що сприяє гідролізу целюлози, втраті гнучкості та пожовтінню. Саме тому старий папір, виготовлений із каніфольною проклеювальною, часто є ламким і має характерний кислий запах.

Сучасні методи проклейки паперу включають синтетичні полімери. Ці речовини мають вищу стабільність і, на відміну від традиційних смол, не потребують кислотних протруйників. Сучасні синтетичні клеї підвищують водостійкість паперу та його резистентність до впливу певних мікроорганізмів. Їх структура менш схильна до біологічного розкладу, що є додатковим захистом у вологому середовищі. Тоді як певні традиційні проклеювальні матеріали, наприклад алюмінієвий сульфат, можуть сприяти руйнуванню через вплив кислот, новітні композиції мінімізують ці ризики завдяки нейтральному рН і відсутності реактивних залишків.

Окремі компоненти історичних клеїв, зокрема добавки металів (міді, заліза), що траплялися у складі проклеювальних сумішей, можуть каталізувати процеси окиснення в структурі паперу. Такі метали сприяють утворенню вільних радикалів, що призводить до пошкодження як клейового шару, так і

волоконної основи. У деяких випадках це також викликає нерозчинність певних компонентів клею, що ускладнює реставраційне втручання. Наявність таких сполук може проявлятися у вигляді зміни кольору, зниження гнучкості та крихкості аркуша [12, р. 9].

2.3. Найбільш поширені техніки графічного мистецтва

Крім аркушу паперу, що слугує основою твору, іншою, не менш важливою його складовою є матеріал, нанесений на основу. Матеріал, яким власне і виконаний графічний твір чи текст, в реставраційній практиці має назву «носій». Носії можна умовно поділити на тверді та рідкі.

Олівець

Перші прототипи письмового інструмента, що нагадує олівець, з'явилися вже у XII–XIII століттях. У середньовічній Європі відомо про використання срібних або свинцевих штифтів — тонких металевих паличок, якими залишали слабкі, але помітні сліди на поверхні пергаменту або паперу. Пізніше використовувались стержні, виготовлені зі суміші сланцю, паленої кістки та клею. Такі засоби були крихкими, залишали тьмянний слід і не дозволяли широкої варіативності штрихування.

Справжній прорив у розвитку письмового інструменту пов'язаний із відкриттям чистого графіту, що сталося в Англії у XVI столітті. Із XVII століття починають виготовляти графітові стержні, які спершу використовували окремо, без оболонки. Лише з кінця XVIII століття їх почали вкладати у дерев'яну оправу — так і з'явився класичний олівець у сучасному розумінні.

Стержень сучасного чорнографітового олівця виготовляється із суміші графіту, глини та жироподібних домішок. Графіт у цьому контексті — це одна з форм кристалічного вуглецю. До складу стержня також входить спеціально

оброблена глина (каолін), яка після випалювання при високій температурі виконує роль в'язива. Для надання м'якості додають жирові речовини: бджолиний або карнаубський віск, стеарин, парафін тощо. Чим більше графіту в складі — тим м'якший олівець; чим більше глини — тим твердіший.

Малюнок або напис, виконаний графітним олівцем, має легкий металевий блиск, відтінки сірого кольору та характерну шовковисту текстуру. Однак через слабку адгезію до волокон паперу такі сліди легко стираються або змазуються, тому вимагають обережного поводження. З іншого боку, графіт досить стійкий до дії світла, вологи та більшості органічних розчинників, що робить його надійним матеріалом у довготривалому зберіганні.

Що стосується кольорових олівців, то перші зразки з'явилися у 1879 році. Вони складались із мінеральних пігментів і чорнил. На рубежі XIX–XX століть у їхньому виробництві почали активно використовувати анілінові барвники. Анілін — органічна сполука, яка надає яскравих, насичених кольорів, однак має слабку світлостійкість. Барвники на його основі швидко вицвітають під дією ультрафіолету.

Кольорові олівці зазвичай виготовляються з використанням природних або синтетичних пігментів, зв'язаних із каоліном або іншими глинистими речовинами. До складу також входять антифризні компоненти (гліцерин), згущувачі (цукор) і фіксатори. Через водну або напівводну основу та хімічну нестабільність ці олівці здебільшого легко розмиваються, швидко вицвітають і залишають слабкий осад. Їхня стійкість до води та розчинників варіюється залежно від конкретних фізико-хімічних властивостей барвника.

Таким чином, у контексті збереження документів графіт демонструє відносно високу стабільність, тоді як кольорові олівці вимагають особливо дбайливого поводження. Для архівної справи це означає необхідність

диференційованого підходу до зберігання та реставрації матеріалів, виконаних різними типами олівців.

Чорнила

Логічно допустити, що найбільш очевидним і найлегшим способом зафіксувати щось на папері були прості одноколірні лінійні начерки та написи. Першими такими матеріалами були чорнила, створені на основі природних матеріалів.

Чорнила бувають:

- Сажеве чорнило (туш)
- Кольорове чорнило на основі екстрактів
- Екстракти з солями металів (залізо-галове, кампишеве, алізарінове)
- Чорнило із синтетичних барвників (кінець XIX ст.) (анілінові, аніонні)

Одні з найдавніших – сажеві чорнила (туш) відомі ще з античних часів. Вони виготовляються з сажі (вугілля). Для отримання даних чорнил дрібнодисперсну, так звану «жирну сажу» перетирають водою та клеєм. Як клейову складову в давнину використовувались клеї природного походження. Тваринні, зокрема рибний, та рослинні – камеді, відвари зерен рису, ячменю та інших. Іноді, крім двох основних компонентів, в чорнила додавали природні антисептики та пом'якшуючі речовини (наприклад, мускус). Пізніше стали додавати казеїн, шеллак – це формула так званої європейської туші.

Зображення, нанесене за допомогою таких чорнил, виявляє високу стійкість до хімічних впливів та дії світла. Однак слід зазначити і недоліки сажевих чорнил. До них можна віднести високу густоту цього матеріалу, що обмежувало техніку та диктувало певні умови використання. Також розтерті часточки сажі у розчині з часом випадали у осад (коагулювали). Сажева туш має погану проникність, тож шар матеріалу лежить на поверхні аркушу, не всотуючись глибоко в структуру, що робить тексти та зображення нестійкими

та крихкими. Погано закріплені зображення легко піддаються стиранню та осипанню. Сажу додавали до складу інших чорнил аж до XVII–XVIII ст. через її виняткову світлостійкість.

Крім традиційних сажевих чорнил чорного кольору, відома інша їх форма – бістр. Матеріал жовто-коричневого кольору отримували з деревини, що не до кінця обвуглилась, або шляхом виварювання сажі у воді – звідси друга назва бістру – варена сажа. Проте, на відміну від звичайної сажі, отриманий барвник має дуже низьку стійкість до дії світла, тож в малюванні і в письмі застосовується дуже обмежено.

Іншим надзвичайно поширеним видом чорнил є чорнила залізо-галові. Перші згадки про залізо-галові чорнила відомі вже з I ст. н. е. З VI ст. до нас дійшов опис способу їх виготовлення з галових горішків. В Європі ці чорнила з'явилися вже в епоху середньовіччя та отримали значне поширення з XII ст.

На відміну від вищеописаних чорнил на основі сажі, залізо-галові чорнила мають високу інтенсивність кольору, добре проникають у волокна паперу, є водостійкими та внаслідок цього стійкими до стирання. Завдяки таким своїм властивостям саме ці чорнила стали основним методом письма та малюнку в період середньовіччя й раннього модерну, залишивши по собі великий об'єм рукописів, книг та творів виконаних у даній техніці по всій Європі.

М.С.Sistach та I.Espadaler у своїй публікації 2014 року розділяють компоненти рецептури залізогоалових чорнил на дві складові – органічну (таніни та в'язиво) та неорганічну (залізо та сульфати міді) [39, р. 485]. Галотаніни отримували з галів (галунів) — наростів на листках дуба. Дубильні речовини галотаніни складають основу рецептури залізо-галових чорнил, залізний купорос (залізний сульфат) – сіль 2-валентного закисненого заліза, що вступає в реакцію з екстрактом з галових горішків. Камедь акації (смола)

виступала в'язучим агентом. Також у традиційній рецептурі зазвичай була присутня рідина – розчинник, в якості якого могли використовувати воду, оцет чи вино. Така комбінація спричиняла окиснення заліза в контакті з повітрям, утворюючи темну сполуку, що глибоко проникала в волокна паперу та формувала стійкий напис.

Одразу після приготування колір чорнил не проявлявся, а був блідим, оскільки самі по собі дубильні речовини не вступають в контакт з закисним залізом. Однак одразу після нанесення залізний купорос реагував з киснем, і в процесі окиснення утворював окислене 3-валентне залізо. Ця сполука вже вступала в реакцію з дубильними речовинами. Внаслідок такої реакції і утворювався залізоголат – барвник, що надавав чорного кольору. Щоб запобігти передчасному окисненню залізного купоросу і утворенню барвника, під час виготовлення чорнил до них вводили певну кількість кислоти.

Саме хімічна активність цих чорнил і є джерелом їхньої небезпеки для паперу. Вже на етапі нанесення залізо-галові чорнила спричиняють локальне зниження рН, а з часом їх кислотність може навіть зростати. Це відбувається через абсорбцію діоксиду сірки (SO_2) з атмосфери, який, з'єднуючись з водяною парою, утворює сірчану кислоту – сполуку, що дуже агресивно діє на волокна целюлози. Сірчана кислота спричиняє гідроліз целюлозних волокон паперу. У поєднанні з кислотами, що залишаються в папері внаслідок відбілювання чи проклеювання, цей ефект посилюється. У результаті запускається процес гідролітичного розщеплення целюлози, що призводить до зміни кольору, загального пожовтіння основи, крихкості та ламкості паперу, втрати еластичності аркушу, що в свою чергу підвищує ризик розривів.

Найбільш стійкими та безпечними для користування є чорнила зі співвідношенням дубильних речовин до солей заліза 3:1 відповідно. Саме низька концентрація залізного купоросу вважається оптимальною. Надлишок

купоросу гідролізується, утворюючи сірчану кислоту. Чим вищий відсоток залізного купоросу, тим кислішим є середовище чорнил [39, р. 486].

Кисла природа залізогалових чорнил з доданими кислотами та наявністю сірчаної кислоти разом утворюють надзвичайно кисле середовище. Така комбінація є каталізатором старіння паперу

Чорнила на основі заліза є історично важливими, але вони також викликають серйозні проблеми у збереженні паперу через їхню кислотність. Залишки металів у складі чорнила можуть прискорювати руйнування волокон. Внаслідок того, що залізо-галові чорнила не просто лежать на поверхні, а глибоко проникають у волокнисту структуру паперу, процеси окислення відбуваються не лише на поверхні, а й по всій глибині аркушу. Це може спричинити так зване "чорнильне виразкування", що створює ефект пропалених літер. У найбільш постраждалих творах чорнило буквально виїдає отвори в місцях напису у формі літер, залишаючи майже неушкодженими лише незаписані поля (іл. 4). У крайніх випадках зберігаються лише фрагменти аркуша без тексту — все інше втрачено через хімічну ерозію.

До середини XVIII століття не було жодних спроб контролювати склад чорнил. Лише у 1748 році Вільям Льюїс почав експериментувати з більш збалансованими пропорціями компонентів, однак навіть тоді аналітичних методів для точного розрахунку не існувало. Переважна більшість чорнил виготовлялася в домашніх умовах, без дотримання рецептури, що й призводило до надмірної кислотності. Через це спостерігалось не лише вигорання місць напису, але й переміщення кислот у прилеглі області, що поширювало ушкодження на сусідні аркуші та навіть палітурки рукописів [25, р. 39].

Варто зазначити, що не всі документи із залізо-галовими чорнилами мають однакові ознаки катастрофічного руйнування. У випадках, коли папір мав природну лужну буферну здатність — наприклад, завдяки залишкам вапна

або карбонатів у масі — ефект руйнування значно сповільнювався. Такі рукописи досі зберігають чіткість і цілісність, підтверджуючи, що проблема була не в чорнилах як таких, а в їх надлишковій кислотності й у відсутності компенсаційних середовищ у структурі паперу.

Додаткову загрозу становлять спроби некомпетентного очищення чи реставрації. Відомі випадки, коли намагання "оживити" зниклий текст або освітлити пожовклі аркуші призводили до остаточного руйнування — зокрема, через хімічні реактиви, що активізували залишкову кислотність чорнил. Тому у сучасній консерваційно-реставраційній практиці існує консенсус про необхідність двоетапного знекислення (деасидифікації). Цей процес передбачає першим кроком етап нейтралізації існуючих кислот (наприклад, гідроксидом кальцію), а потім створення лужного резерву. Лише за такої обережної обробки можна уповільнити або зупинити руйнівні процеси, зберігши написи чи малюнки.

Отже, залізо-галові чорнила є дуже складним та неоднозначним носієм, який, з одного боку, гарантує стійкість тексту, але водночас внаслідок своєї хімічної формули загрожує існуванню самій основі твору. Це питання становить значну проблему для сучасних реставраторів, що працюють з творами на паперовій основі.

З середини ХІХ ст. почали застосовуватись залізо-галові чорнила з додаванням барвників – алізаринові. Алізаринові чорнила отримували з дубильних речовин, закису солі заліза, алізарину та індиго. Додатки індиго та алізарину підфарбовували чорнила в зеленкуватий колір. Проте при нанесенні на аркуш паперу чорнила набували чорного забарвлення.

Крім вже згаданих, варто згадати також про вжиток кампешевих чорнил. Кампешеві кольорові чорнила вироблялись із екстракту сандалового (інша назва – кампешевого) дерева. За допомогою кислот кампеш забарвлювали в

червоний колір, солі залізу та хрому надавали чорного кольору, солі міді та луги надавали чорнилам синьо-зеленого забарвлення. Кампешеві чорнила, як і залізо-галові, глибоко проникають в структуру аркушу паперу, міцно закріплюючись в волокнах. Текст чи зображення, нанесені ними, є досить світло- та водостійкими. Однак такі чорнила мають невисоку стійкість до дії кислот. А їх якість і довговічність дуже варіативна і залежить від якості екстракту, технології виготовлення та кольору чорнил.

Сучасні чорнила виготовляються із синтетичних барвників. Вони являють собою водний розчин одного чи декількох барвників, антисептика (фенол, формалін), загущувача, пластифікатора (гліцерин, гліколи). Світлостійкість і стійкість до хімічних реактивів у таких чорнил є відносно незначною, вони м'яко змиваються з паперу. В лужному середовищі написи, нанесені цими чорнилами, швидко вицвітають та руйнуються.

З 1856 року з'являються перші синтетичні барвники – аніліновий пурпур, мовеїн. До середини ХХ ст. використовувались аніонові катіонні (так звані основні) барвники – найбільш стійкі барвники першого покоління.

З 1950-60 рр. барвники змінилися більш довговічними кислотними (аніонними). Чорнила на цій основі використовуються для авторучок та фломастерів. Також на основі анілінових барвників виготовляються канцелярські чорнила та штемпельні фарби на водній основі.

Чорнильні пасти для кулькових ручок виготовляються на основі жиророзчинних барвників, органічних смол та розчинника. Паста кулькової ручки при нанесенні є водостійкою, досить стійкою до хімічних впливів, світлостійкою. Загальна їх стійкість та довговічність вища, ніж у чорнил.

Акварель

Акварель — це водорозчинна фарба, основною відмінністю якої є надзвичайно тонке подрібнення пігменту та висока прозорість нанесеного

шару. У її складі міститься пігмент, розподілений у в'язучій речовині, яка фіксує його на поверхні паперу. В'язиво в акварелі зазвичай має рослинне походження — це гуміарабік, трагакант, вишневий клей або декстрин. Власне, саме в'язивом і є компонент, що розчиняється водою, дозволяючи розподілити пігмент по поверхні.

До складу акварельних фарб, крім пігменту та в'язива, часто входять додаткові інгредієнти: мед, цукор, патока, гліцерин, крохмаль та антисептики. Ці речовини регулюють текучість, м'якість, здатність до розчинення й висихання. Також можуть додаватися віск, деякі смоли або водорозчинні добавки для покращення фізичних властивостей фарби.

Акварельні фарби випускаються у різних формах: тверді (у вигляді цеглинок), напівм'які (у кюветах) та м'які (в тубах). Незалежно від форми, вони потребують води як розчинника та активатора.

Характерною властивістю акварелі є її прозорість. Це зумовлює легкість, повітряність і звучність кольору. Білила у цій техніці майже не застосовуються: роль білих ділянок виконує сама основа — переважно білий папір, який просвічується через тонкий шар фарби. Саме тому акварель неможливо повноцінно коригувати чи перекривати, як це робиться в інших техніках. У деяких випадках акварель поєднують із білилами, але така суміш втрачає характерну прозорість і за властивостями наближається до гуаші.

Водорозчинні фарби вимагають високоякісного паперу. Вода, проникаючи у волокнисту структуру, здатна змінювати механічні властивості паперу, викликати деформації, розшарування або ослаблення. Тому підбір основи в акварельному живописі має критичне значення. Крім того, медова акварель чутлива до вологості, що диктує особливі вимоги до зберігання та реставрації таких творів.

Важливо пам'ятати, що акварельні фарби у більшості випадків не мають високої світлостійкості. Це пов'язано з тонкістю нанесеного шару фарби, відносно невеликою кількістю пігменту та слабким захистом від окислення через нестачу в'язива. У цьому техніка акварелі поступається іншим художнім матеріалам і вимагає ретельного захисту від світла, вологи та температурних коливань.

Гуаш

Гуаш (від фр. *gouache*, італ. *guazzo* — водяна фарба) є різновидом водорозчинних фарб. За своєю природою вона має багато спільного з аквареллю, однак вирізняється більш насиченим кольором і здатністю утворювати щільне, непрозоре покриття. На відміну від акварелі, яка демонструє прозорість і легкість, гуаш дає корпусний шар фарби, який повністю перекриває основу. Це пояснюється тим, що до складу гуашевих фарб вводять білила, крейду або каолін — саме ці компоненти надають фарбі матовості та укривної здатності.

Після висихання гуашевий шар світліє, що слід враховувати при роботі з кольором. Незважаючи на свою щільність, він залишається порівняно м'яким і може піддаватись механічному стиранню або водному впливу, тому завершені роботи часто вимагають додаткового захисту.

У ролі в'язива в гуаші можуть виступати як розчинні клеї на рослинній основі (гуміараб'як, декстрин), так і тваринні клеї. Пропорційно вміст клею в гуаші вищий, ніж в акварелі, що забезпечує кращу фіксацію пігменту та більшу стійкість фарби після висихання. Саме поєднання в'язива з мінеральними наповнювачами утворює характерну для гуаші густу, пастоподібну консистенцію, що дозволяє рівномірно наносити фарбу на поверхню.

Завдяки більшій товщині шару та вищій концентрації твердої речовини гуаш має кращу стійкість до світла порівняно з аквареллю, однак усе ще не є

світлостійкою фарбою в повному розумінні. Фарба залишається чутливою до тривалого впливу ультрафіолету, особливо якщо пігменти не мають достатньої фотохімічної стабільності. Через це гуашеві роботи також вимагають відповідних умов зберігання: захисту від світла, вологи та різких коливань температури.

Отже, гуаш посідає проміжне місце між аквареллю та більш щільними живописними техніками. Вона поєднує риси прозорих фарб із можливістю накладення щільних шарів, що робить її універсальним інструментом для декоративної, книжкової та ілюстративної графіки.

Пастель

Пастель (з фр. *pastel*, італ. *pastello*) як матеріал набула поширення в середині XVIII ст. Пастель є сухим матеріалом, що складається з тонко розтертого в порошок пігменту. У класичній рецептурі пастельні мілки виготовляють із мінімальною кількістю в'язучої речовини або взагалі без неї. Проте в окремих варіантах як клейку основу застосовують камеді рослинного походження або декстрин — похідну крохмалю, що має клейкі властивості. Ці компоненти дозволяють зв'язати пігмент у стабільну форму, хоча їхня кількість залишається вкрай малою, що зумовлює слабке зчеплення з поверхнею.

Для отримання світлих пастельних відтінків у суміш додають речовини з високою світловідбивною здатністю, зокрема каолін, гіпс, крейду або тальк. Ці мінеральні наповнювачі не лише знижують концентрацію пігменту, але й надають пастелі характерної матовості, делікатної фактури та приглушених тонів.

Від співвідношення пігменту, в'язива та ступеня пресування залежить твердість пастельного мілка, що, у свою чергу, впливає на яскравість і щільність нанесення. М'яка пастель залишає інтенсивніший шар, краще передає

напівтони, але має менше зчеплення з основою; тверда — менш яскрава, але чистіше лягає лінією і частково краще фіксується.

Через вкрай низький вміст в'язучих компонентів пастель має дуже слабе прилипання до основи, тому готовий твір легко пошкодити навіть незначним дотиком. Матеріал не є вологостійким — будь-яка взаємодія з водою чи паром може спричинити зміну кольору, змивання або осипання шару. Саме тому твори, виконані в техніці пастелі, вимагають особливих умов зберігання: захисту від механічного контакту, коливань вологості, прямого світла та пилу.

Реставрація пастельних робіт надзвичайно ускладнена через їхню крихкість та чутливість до зовнішнього втручання. Пастельні матеріали мають характерну властивість — сипучість, тобто здатність до легкого осипання з поверхні основи. Це зумовлено вкрай низьким вмістом в'язучих речовин або їхньою повною відсутністю, що забезпечує пастелі делікатну фактуру, але водночас і велику крихкість. Через це навіть легкий дотик або вібрація можуть спричинити втрату частини зображення.

Для стабілізації такого нестійкого шару іноді застосовують фіксацію. Наприклад, у досвіді консервації пастелі на пергаменті було використано розчин клею осетрового походження у концентрації 0,25% на суміші води й етанолу. Такий м'який і мінімально інвазивний метод дозволив зменшити ризики пошкодження чутливого фарбового шару, водночас зберігаючи оптичні властивості твору [35, р. 1].

Таким чином, пастель є технікою високої виразності, яка водночас потребує виваженого підходу у поводженні, демонстрації та збереженні, адже її фізична природа є надзвичайно вразливою до зовнішніх впливів.

Друкарська фарба

До кінця XIX століття основним способом фіксації тексту залишалося рукописне письмо. У засобах письма до 1870-х років застосовувалися

переважно природні речовини — як неорганічні пігменти, так і органічні барвники рослинного та тваринного походження. У цей період активно використовували вуглецеві чорнила на основі сажі або лампової кіптяви з додаванням гуміарабіку та розчинників (вода, вино або оцет). Такі чорнила, хоч і не завдавали шкоди паперу, мали низьку стійкість до води та стирання.

Із кінця XIX століття на зміну ручному письму приходить машинописний текст, що створювався за допомогою копіювальних стрічок. Такий тип фарби мав суттєві переваги: водостійкість, світлостійкість і глибоке проникнення у волокнисту структуру паперу, що зменшувало ризик втрати тексту внаслідок фізичного впливу.

Сучасні друкарські фарби становлять собою складну суміш, до складу якої входять як органічні, так і неорганічні компоненти. Основним барвником вважається сажа — дрібнодисперсний вуглецевий матеріал, який відзначається високою стабільністю до світла, температури та вологи [25, р. 6]. У ролі в'язива найчастіше застосовується оліфа — окиснена лляна олія, яка може бути як натурального, так і синтетичного походження. Попри те, що натуральна оліфа має кращі адгезивні властивості, у промисловості здебільшого використовується синтетичний замінник через вартість та доступність.

До складу фарб також додають мінеральну олію або кам'яновугільні смоли, які забезпечують необхідну консистенцію та плинність. Для регулювання швидкості висихання обов'язково вводять **сикативи** — речовини, що пришвидшують процес полімеризації в'язива і тим самим скорочують час фіксації зображення на папері. Також часто застосовують антиоксиданти — ці домішки уповільнюють процеси окислення як самої фарби, так і целюлозної основи.

Друкарська фарба для глибокого друку характеризується високою в'язкістю та щільністю, що дозволяє їй глибоко проникати у травлені

заглиблення друкарської форми та рівномірно передавати зображення при високому тиску [1, с. 9]. Однією з головних переваг друкарських фарб є їх здатність проникати вглиб паперової структури. Це робить зображення більш стійким до стирання, вицвітання та механічного пошкодження. Водночас варто враховувати, що деякі старі типи друкарських фарб, особливо на основі анілінових барвників, мали низьку стабільність і були схильні до вицвітання під впливом світла, особливо ультрафіолету.

Згодом було встановлено, що саме барвники, зокрема дешеві анілінові, які почали широко застосовуватись із 1860-х років, стали причиною втрати величезного обсягу документів. Вони не лише вицвітали, а й розчинялись у воді, що ускладнювало навіть мінімальні спроби збереження чи реставрації [25, р. 81].

У сучасних умовах стандартизація рецептури та вдосконалення технологій дозволили значно підвищити якість друкарських фарб. Пігменти, що застосовуються нині, мають вищу фотостабільність, а в'язучі системи краще захищають як папір, так і зображення на ньому. Це особливо важливо в контексті довготривалого збереження архівних матеріалів, де друкарська фарба є одним із визначальних чинників стабільності документа загалом.

Висновки до Розділу II.

Історичний огляд еволюції паперу як матеріалу для письма та графіки дав змогу глибше зрозуміти, як змінювалися властивості паперу залежно від технологій його виготовлення. Вивчення процесів поширення паперу світом, від перших дослідів у Китаї до фабричного виробництва в Європі, дозволяє позначити передумови виникнення основних типів паперових основ, які становлять предмет реставрації сьогодні. Історія винайдення паперу вказує на

поступовий перехід від матеріалів тваринного походження (пергаменту) до рослинних основ, що були дешевшими у виробництві, проте менш стабільними за структурою. Ці особливості технології безпосередньо впливають на механізми старіння паперу, його вразливість до кислотності, світла, вологи, біологічних чинників та механічних пошкоджень.

Особливо важливою є трансформація способів виробництва паперу у XVIII–XIX ст., коли текстильну сировину поступово починає витісняти деревна маса. Впровадження машинного способу виготовлення паперу, нових видів проклеювання, наповнювачів та відбілювачів суттєво змінило фізико-хімічні властивості аркушів. Якщо ганчір'яний папір демонстрував високу стабільність у довготривалому зберіганні, то нові типи паперу, вироблені на основі деревини, виявилися значно менш стійкими до зовнішніх чинників. Ці зміни, з одного боку, сприяли демократизації книжкового виробництва, але з іншого — стали причиною масової деградації паперових артефактів, створених у новітній період.

Папір постає як багатокомпонентна система, в якій волокна, наповнювачі та проклейка утворюють єдину структуру. Саме це поєднання визначає не лише візуальні характеристики аркуша, а й його стійкість до зовнішніх чинників, довговічність і здатність зберігати нанесене зображення.

Виявлено, що найкращим з точки зору тривалого зберігання є папір на основі бавовни, льону або конопель. Ці волокна містять мінімальну кількість лігніну та мають високу довжину, що сприяє міцності аркуша. Натомість деревна маса, яка переважно використовується в масовому виробництві з XIX століття, має підвищений вміст лігніну, що є причиною швидкого окислення та пожовтіння паперу. Особливо це стосується механічно оброблених волокон, які ще на етапі виробництва втрачають кристалічну структуру целюлози й

набувають більшої пористості та гігроскопічності, що пришвидшує гідроліз і біологічне руйнування.

Важливу роль відіграють також проклейка та наповнювачі. Природні клеї, особливо желатинові, історично не лише виконували гідрофобну функцію, а й утворювали буферне середовище, сприятливе для тривалого зберігання. Проте запровадження кислотної каніфольної проклейки та застосування алюмінієвих протруйників стали серйозним фактором деградації паперу. Визначено, що навіть залишки хлорних відбілювачів або певних металів у складі маси можуть каталізувати окислювальні реакції й прискорювати руйнування. Натомість сучасна практика передбачає використання нейтральних або слабколужних компонентів, зокрема карбонату кальцію, що створює буфер проти кислотних агентів.

Також проаналізовано особливості носіїв зображення, які впливають на стабільність паперового твору. Чорнила, туш, друкарські фарби, пастель чи графіт взаємодіють з основою по-різному, маючи кожне свої переваги й обмеження. Наприклад, залізо-галові чорнила мають здатність до глибокого проникнення в волокна, але водночас сприяють їх кислотному розпаду. Анілінові барвники легко розчиняються у воді та можуть мігрувати, залишаючи розводи. Пастель утримується на основі лише завдяки слабкому зчепленню, через що надзвичайно вразлива до будь-якого механічного впливу.

Таким чином, у розділі узагальнено знання про природу паперу як носія інформації та творчості, його склад і взаємозв'язок із носієм зображення. Це дає підґрунтя для свідомого підходу до оцінки стану творів на паперовій основі, вибору тактики консерваційних втручань та стратегій їх довготривалого збереження.

Розділ III. ОСНОВИ МУЗЕЙНОГО ЗБЕРІГАННЯ ТВОРІВ НА ПАПЕРОВІЙ ОСНОВІ

3.2. Фактори старіння та пошкодження творів на паперовій основі

Органічні матеріали, до числа яких відноситься і твори на паперовій основі, деградують та руйнуються швидше за інші. Довговічність існування мистецького твору на папері найпершим чином залежить від умов його зберігання [5, с. 24]. Папір та роботи на ньому (картини, гравюри, документи, карти, книги) постійно взаємодіють з оточуючим середовищем. Під час цієї взаємодії постійно відбуваються різні фізичні та хімічні процеси, що можуть впливати на стан збереження предмету та навіть можуть значно скоротити час його існування. Задачею консерваторів, реставраторів та зберігачів усього світу є виявлення, сповільнення та нейтралізація таких пагубних процесів, що шкодять експонату. Метою є цього є подовження терміну існування творів на паперовій основі та збереження його для майбутніх поколінь дослідників та поціновувачів.

John W. Baty та інші у своїй статті наводять список таких основних причин збереження паперовий колекцій, узятих з різних джерел:

- *«Збільшення терміну служби документів (Schwerdt 1989; McCrady 1990; Sparks 1990; Balazic et al. 2007; McGee 1991)*
- *Збереження історичних артефактів в їх паперовому вигляді (Schwerdt 1989; Turko 1990; McCrady 1990)*
- *Збереження доказів, придатних для майбутнього аналізу (Miñoz-Viñas 2004)*
- *Досягнення заданого рівня збереження міцності паперу за умов штучного старіння (Schwerdt 1989)*

- Зробити вміст доступним для майбутніх читачів (*Wilson et al. 1981; Zervos and Moropoulou 2006*)
- Старіння паперу є багатofакторним процесом, що залежить як від умов зберігання, так і від внутрішніх характеристик матеріалу. (*McCrary 1990*)» [8, р. 3].

Фактори старіння творів на паперовій основі можна категоризувати наступним чином:

1. Зовнішні чинники:

- а) Світлові умови
- б) Температуро-вологісний режим
- в) Біологічні фактори (ураження пліснявою, комахами та гризунами)
- г) Хімічний склад середовища

2. Внутрішні чинники:

- а) Склад матеріалу об'єкту
- б) Техніка виконання носія зображення

Розглянемо ці чинники детальніше.

3.1.1. Освітлення

Світло є одним із найпотужніших та найшвидших у дії факторів зовнішнього середовища [43, р. 26]. Вплив світлового випромінювання здатен викликати руйнування як основи, так і носія зображення в надзвичайно короткий термін (іл. 5). Під час експозиції зовнішній вигляд графічних творів на паперовій основі може погіршуватися через дію як ультрафіолетового, так і видимого випромінювання. Особливо небезпечним для принтів, рукописів та малюнків є світло, що у своєму спектрі містить промені ультрафіолетової частини. Основним джерелом такого випромінювання є пряме сонячне світло, а також ртутно-кварцові та бактерицидні лампи.

Дослідження підтверджують, що світлочутливість паперової основи є не менш значущою, ніж чутливість барвників чи фарб. Ультрафіолетове випромінювання викликає фотохімічне руйнування целюлози, що проявляється у вигляді пожовтіння, зниження оптичної білизни та втрати міцності волокон [22, р. 3].

З огляду на це, надзвичайно важливими є профілактичні заходи: обмеження тривалості експонування, чергування періодів освітлення і «відпочинку», а також використання освітлення з мінімальним УФ-компонентом та відповідними захисними фільтрами. Штучне освітлення також здатне викликати старіння об'єктів на паперовій основі. Люмінесцентні лампи мають вищу світлову потужність і відповідно сильніший вплив; лампи розжарювання — менш агресивні, але вони випромінюють тепло, яке теж шкодить чутливим експонатам, внаслідок пересушування робить їх крихкими.

Дослідження засвідчують, що навіть експозиція в контрольованих умовах (музейне освітлення) може бути шкідливою. Крім прямого впливу, твори можуть продовжувати руйнуватися навіть після завершення експозиції, під час зберігання у темряві — через ефект пост-опромінення. Особливо вразливими є папери з оптичними відбілювачами, високим вмістом лігніну або з додаванням нестабільних органічних речовин.

Пошкодження паперових документів світлом зазвичай є значним, часто непоправним і незворотним, тож обмеження світлового навантаження — це один з базових принципів сучасної реставраційної та експозиційної практики.

3.1.2. Температурно-вологісний режим

Температурні умови середовища та вологість повітря тісно взаємопов'язані між собою, тож їх вплив варто розглядати комплексно. Навіть при сталій вологості, зміна температури має механічний вплив на структуру

твору на паперовій основі. Механічна дія полягає у стисканні твердих тіл при пониженні температури, та, відповідно, розширенні при збільшенні. Цей ефект є особливо небезпечним для комплексних об'єктів, що складаються з декількох матеріалів, які мають різний коефіцієнт розширення, наприклад, картина з товстим фарбовим шаром чи багатошарова графіка, де зміна температури по-різному впливає на основу, ґрунт і носій. Такий рух — «робота» матеріалу — при неодноразових коливаннях може призвести до розшарування та осипання фарбового шару. Як вказують М.Андерс та Б.Найт, *«Зміни розмірів паперу внаслідок коливань температури та вологості є однією з найпоширеніших причин розтріскування та відшарування зображального шару від основи»* [6, р. 453].

Дія високих температур супроводжується зміною балансу вологості і виходом гігроскопічної вологи з матеріалу. Це призводить до пересихання, підвищення крихкості основи та змін на молекулярному рівні — розривів хімічних зв'язків, деградації волокон. У прискорених дослідженнях старіння вже при 29°C і 65% вологості було зафіксовано значне зниження міцності паперу [25, р. 10].

Повітря при певній температурі утримує обмежену кількість водяної пари. Якщо цей об'єм перевищено, волога конденсується у рідку фазу — виникає конденсат. Така ситуація особливо небезпечна для матеріалів, які чутливі до вологи, зокрема для паперу з водорозчинними компонентами.

Вміст певної кількості води є необхідним для паперу, адже вода виконує функцію пластифікатора. У надто сухому середовищі аркуш стає ламким, у надто вологому — втрачає міцність, деформується та може рватися при найменшому навантаженні. Раптові коливання температури й вологості створюють механічну напругу в папері, що є особливо критичним для старовинних документів із вже зниженою еластичністю. Крім того, завдяки

капілярності, надлишкова волога глибоко проникає в структуру аркуша, викликаючи набухання волокон, речовин проклейки, наповнювачів і в'язив фарб. Це може призвести до відшарування або зсуву живописного шару.

Підвищена вологість також активує мікробіологічні процеси. Умови зберігання з вологою понад 65% вважаються несприятливими для архівних матеріалів, через ризик утворення плісняви та пришвидшення гідролітичних процесів.

3.1.1. Біологічні фактори

Біологічні шкідники можуть нанести набагато більшу шкоду, ніж всі природні фактори старіння разом взяті та в набагато коротші терміни.

Руйнування творів на паперовій основі біошкідниками тісно пов'язане з температуро-вологісними умовами середовища. Мікробіологічне ураження в тепловому режимі 10–40°C є можливим тільки за наявності вологи. При рівні вологості повітря вище 65% розвивається пліснява. При намоканні аркушу є ризик бактеріологічного зараження.

а) Ураження пліснявою

Плісняві гриби виділяють певні ферменти, які руйнують твори на паперовій основі. Спори грибів активуються в умовах високої вологості, що призводить до появи плям і поступового руйнування волокон паперу [7, р. 444]. Ураження пліснявою призводить до різкого зменшення міцності аркушів паперу з подальшим повним руйнуванням основи у місцях безпосереднього зараження. За словами Ергарта та ін., *«Ураження мікроорганізмами нерідко супроводжується втратою механічної міцності та спонтанним розшаруванням або розривами аркушів. У деяких випадках біопошкодження зачіпають не лише основу, але й барвники та фарбові шари, що особливо небезпечно для творів змішаних технік»* [15, р. 3].

За даними досліджень, папір особливо схильний до біопошкодження через його гігроскопічність та склад (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін та проклейки), які є джерелом вуглецю для грибів [38, р.70]. Крім целюлози, гриби можуть розкласти інші компоненти паперу, такі як наповнювачі і проклейки, що містять білки та цукри. Це може призвести до утворення біогенних кристалів оксалату кальцію, що викликає додаткове хімічне та механічне пошкодження паперу. Плісняві гриби також спричиняють хімічне пошкодження паперу, яке виникає внаслідок пігментів та інших метаболітів, що продукуються грибами (іл. 6). Наприклад, певний вид грибів може виділяти пігмент, який спричиняє характерні рожево-помаранчеві плями на документах [31, р. 4].

Причиною зараження пліснявою зазвичай є пряме намокання твору або зберігання його в надмірно вологому середовищі, в темних сирих приміщеннях з поганою вентиляцією. Додатковими факторами ризику є присутність вологи у клеях та пилу, що здатен викликати локальну конденсацію навіть при середніх показниках вологості повітря, так у статті Thickett et al. (2014) зазначено, що цвіль може почати розвиватися вже за показника відносної вологості 62% [40, р. 2].

Дослідження архівних приміщень показало, що навіть за відсутності видимих грибних колоній можуть бути присутні некультивовані види, ідентифікація яких стає можливою завдяки молекулярно-біологічним методам, таким як денатуруюча високоефективна рідинна хроматографія. Денатуруюча високоефективна рідинна хроматографія (DHPLC) — це молекулярно-біологічний метод дослідження, за допомогою якого можна виявляти різні види грибів у складних сумішах за допомогою аналізу ДНК грибів [31, р. 2 – 3].

Крім того, гриби здатні продукувати різноманітні органічні кислоти та пігменти, які спричиняють додаткові хімічні зміни у структурі паперу,

поглиблюючи його деградацію [28, р. 576–577]. Також деякі види грибів можуть становити ризик для здоров'я персоналу, особливо при відсутності належного захисту (рукавички, маски тощо).

Ураження пліснявою призводить до різкого зменшення міцності аркушів паперу з подальшим повним руйнуванням основи у місцях безпосереднього зараження. Біодеградація паперу мікроорганізмами є природним процесом, який людина може лише уповільнити завдяки належним заходам профілактики та консервації. Розуміння матеріалів, з яких виготовлений документ, і детальна ідентифікація пошкоджень є необхідними етапами перед проведенням будь-яких реставраційних робіт. Для ефективної боротьби з грибами необхідно використовувати як класичні методи з використанням протигрибкових препаратів, так і сучасні молекулярні методики для своєчасної ідентифікації небезпечних видів грибів та моніторингу якості повітря у приміщеннях зберігання. Важливим аспектом профілактики є також регулярна дезінфекція, контроль мікроклімату, ізоляція заражених об'єктів і впровадження належних санітарно-гігієнічних заходів.

б) Ураження комахами

Архіви часто стають об'єктом нападу шкідників, які харчуються органікою, зокрема, целюлозою. Комахи найчастіше пошкоджують твори, які в своєму складі мають рослинні та тваринні клеї. Комахи залишають на аркушах характерні отвори, ходи або лусочки, часто з екскрементами (іл. 7). Вони зберігають свою життєздатність при температурах у діапазоні від 3 до 40°C, проявляючи особливу активність за температури 25–30°C. Шкідники люблять темні місця, що погано провітрюються, з великим рівнем запилення – ці умови є для них оптимальними. Виявлення слідів пошкоджень на ранніх стадіях можливе за допомогою пасток, клейових смуг або аналізу пилу [42, р. 9].

Профілактика комах включає в себе герметичне пакування, використання інертних матеріалів, контроль вологості та періодичне провітрювання. В окремих випадках застосовують безпечні для паперу репеленти або камерну обробку (наприклад, анаеробну дезінсекцію), проте лише після відповідної оцінки стану об'єкта [11, р. 5; 26, р. 3].

в) Ураження гризунами

Гризуни рідко, але все ж становлять загрозу для архівних колекцій, особливо у погано контрольованих умовах. Їхня діяльність виражається у грубих фізичних пошкодженнях: значних розривах, знищенні країв або навіть повній втраті документа. Це підкреслює важливість профілактики, зокрема ізоляції фондів від зовнішнього середовища.

3.1.4. Хімічний склад середовища

Одним із ключових чинників хімічної деградації паперу є кислотний гідроліз. Це явище активно досліджувалося з середини ХХ ст., коли було встановлено, що папір із низьким рН значно швидше втрачає свою цілісність. У відповідь на ці спостереження сучасна консерваційна практика запровадила деацидифікацію як одну з основних стратегій стабілізації паперових носіїв. Як вказано у публікації Керна та ін. *Permanently bright? Predicting light-induced changes in white paper: Preliminary results* («Назавжди білий? Прогнозування змін білого паперу під впливом світла»): попередні результати», «*Кисотно-каталізований гідроліз целюлози широко визнається основним механізмом хімічної деградації сучасного паперу*» [22, р. 5].

Особливо вразливим до кислотного старіння є папір, виготовлений у промисловий період між 1820 та 1990 рр. Його характерною рисою є кислотна реакція середовища, спричинена застосуванням алюмокалієвих протруйників, кислотних проклеюк і залишків хлору, який використовувався у процесах

відбілювання. За підвищеної вологості та температури ці речовини активізують хімічний розпад целюлозних ланцюгів, що веде до ламкості, втрати гнучкості, а іноді й до повного руйнування структури аркушу [36, р. 628].

До механізму деградації додається й фізичне навантаження. Як зазначає Джон Бейті, звичайне перегортання сторінок або згортання аркушів чинить стрес на вже ослаблену структуру, що суттєво підвищує ризик втрати матеріалу внаслідок хімічного виснаження [8, р. ?].

Кислотність може мати як внутрішнє, так і зовнішнє походження. До зовнішніх джерел належать атмосферні домішки — зокрема, сірчистий ангідрид (SO_2), що проникає у волокнисту структуру паперу й у присутності вологи перетворюється на сірчану кислоту. Встановлено, що папір, виготовлений з механічної деревної маси, поглинає ці сполуки значно інтенсивніше через високий вміст лігніну. Саме лігнін виконує роль носія шкідливих газів, сприяючи їх утриманню у товщі волокон [25, р. 25]. Це підтверджує й лабораторне спостереження: *«Механічні маси мають тенденцію поглинати більше діоксиду сірки із забрудненого повітря порівняно з волокнами, що не містять лігніну»* [36, р. 4].

Ще одним малопомітним, але важливим чинником, що сприяє деградації, є пил. Його частинки можуть містити як хімічні забруднювачі, так і біологічні агенти. За умов високої вологості пил здатен «цементуватись» у структурі паперу — як наслідок, утворюються щільні включення, що складно піддаються видаленню. Цей процес пов'язаний із біологічною активністю або утворенням мікрочастин (наприклад, кальциту), які фіксують пилові частинки у товщі волокон. Таке забруднення не лише знижує оптичні властивості документа, але й створює механічний ризик під час очищення [24, р. 138].

3.1.5. Внутрішні чинники

Склад паперового аркушу по волокну та якість сировини для виготовлення паперу безпосередньо впливає на його стійкість до старіння. Бавовняні, лляні та інші рослинні волокна у складі ганчір'яного паперу довго зберігають нормальну кислотність середовища. Деревна целюлоза в сучасних паперах має набагато більше дефектів структури, які проявляються як слабкі місця при старінні. Швидко окислюючись, низькосортні волокна сприяють руйнуванню інших, більш якісних волокон у складі аркушу.

На міцність паперу впливають як сила з'єднання волокон сировини між собою, так і індивідуальна міцність кожного окремого волокна. Проблема криється не лише в сировині, а й у виробничих процесах. Механічне подрібнення волокон — один із головних факторів, що спричиняє слабкість паперу. Надмірне перемелювання, перегрівання маси та інші виробничі похибки призводять до руйнування структури волокна на молекулярному рівні, роблячи папір вразливим до фізичного та хімічного старіння.

Внаслідок механічної або хімічної обробки волокон (наприклад, у варильних чи відбілювальних процесах), структура целюлози частково порушується. Це призводить до зменшення частки кристалічних зон і збільшення аморфних. Як наслідок, матеріал стає більш пористим і гідрофільним, що знижує його хімічну стабільність і підвищує чутливість до біологічного розкладу. Саме аморфні ділянки є основними мішенями для ферментативного впливу мікроорганізмів, зокрема пліснявих грибків та актиноміцетів. Мікробіологічна деградація починається саме з аморфних зон, які легко проникаються екзоферментами, що каталізують розрив глікозидних зв'язків.

Целюлоза з високою кристалічністю має кращу хімічну та біологічну стійкість. Однак обробка волокон у процесі виготовлення паперу знижує цю

кристалічність, утворюючи аморфні зони, що є сприятливим середовищем для мікроорганізмів. Видалення лігніну, хоча й позитивно впливає на опір до кислотного гідролізу, водночас робить папір більш вразливим до біологічного руйнування, зокрема грибковими культурами.

Деревні волокна є досить вразливими до змін під час сушіння, використання та переробки. Це пояснюється їхньою підвищеною пористістю та неминучим зниженням ступеня полімеризації целюлози через лужну обробку під час варіння і відбілювання.

Волокна механічної обробки, хоча й краще зберігають свої міцнісні властивості після переробки, мають свої недоліки при тривалому зберіганні паперу. Крім того, через наявність лігніну папір з часом може жовтіти, особливо під дією світла або у випадках, коли присутні металеві каталізatori. Водночас виявлено, що папери з механічних мас здатні поглинати більше діоксиду сірки із забрудненого повітря. Це призводить до зростання кислотності й хоч і незначно, але все ж пришвидшує руйнування структури паперу.

Лігнін, як згадано раніше, є природним полімером, що надає волокнам механічної міцності, водостійкості та знижує гідрофільність волокон. Його присутність у складі паперу, попри негативні наслідки для кольору та довговічності (через окислення) [6, р. 297], одночасно виконує захисну функцію, утворюючи бар'єр для ферментативного та мікробіологічного впливу. Видалення лігніну під час хімічного очищення целюлозної маси (наприклад, у крафтовому процесі) позитивно впливає на хімічну стабільність паперу в лужному середовищі, однак робить його більш біорецептивним. Тобто, очищена целюлоза, яка містить більшу частку аморфних зон і не має природного "захисного шару", стає легкою мішенню для мікроорганізмів, особливо в умовах високої вологості та температури. Видалення лігніну знижує

антигрибкову стійкість паперу, і саме в зразках із високою часткою очищеної целюлози відзначається вища активність грибкових колоній при проведенні штучного старіння або біологічного тестування. Це підтверджує загальний висновок, що довговічність паперу є складним балансом між хімічною стійкістю та біологічною стабільністю матеріалу.

Додатковим джерелом небезпеки є частинки заліза, які потрапляють у масу під час виробництва з металевих частин обладнання. Залізо сприяє утворенню сірчаної кислоти, що прискорює руйнування целюлози.

Одним з найважливіших факторів старіння та деградації паперу є його кислотність. Як вказує М.Борисенко, *«Характерними ознаками, помітними при візуальному обстеженні є зміна кольору, ламкість, крихкість, пожовтіння країв паперу, вицвітання, ослаблення, розпад та осипання основи»* [2, с.44].

До внутрішніх чинників окислення паперу відносяться хімічні елементи та сполуки в самій структурі аркушу, які і реагують з атмосферними газами. Цими речовинами можуть бути складові різних наповнювачів та проклеюк, що використовувались свого часу при виробництві даного аркушу, й речовини, що знаходяться власне у рослинних волокнах, що також взаємодіють з оточуючим середовищем, трансформуючи та руйнуючи папір зсередини. Підвищують кислотність паперу такі речовини, як каніфоль, сульфат алюмінію. *«Однією з основних причин руйнування паперу є підвищення його кислотності в процесі зберігання. Кислоти мають гідролітичний вплив на молекули целюлози, вкорочуючи їхні полімерні ланцюги, знижують міцність паперу»*, як пишуть у своїй роботі Розумна Л.І., Льода Л.М. [4, с. 98].

Чиста целюлоза, що складає основну масу паперу, є доволі стійкою в помірних температурах. Проте лігніно-целюлозні сполуки піддаються взаємодії з киснем та не є стійкими до дії вогню (горіння) та біологічного розкладання.

Мінеральні наповнювачі, хоча й можуть блокувати потенційні місця для з'єднання волокон, що призводить до зниження міцності паперу, мають більш складний вплив на його збереження.

Найпоширенішим сьогодні наповнювачем є карбонат кальцію. Від 1980-х років відбувся великий зсув у паперовій промисловості — глина як основний наповнювач поступила місцем карбонату кальцію, особливо у виробництві друкарських сортів паперу. Ця зміна загалом позитивно вплинула на здатність паперу зберігатися у хорошому стані протягом тривалого часу. Карбонат кальцію має здатність нейтралізувати кислоти, які або потрапляють на поверхню паперу, або утворюються в ньому з часом. Таку властивість називають "лужним резервним буфером" — мається на увазі, що карбонат кальцію підтримує високе значення рН до тих пір, поки повністю не витратить свій лужний потенціал під дією кислотних речовин.

Зовсім інакше працює буфер за принципом спільного йона, який підтримує сталий рівень рН. Найвідомішим прикладом такого класичного буфера в історії паперу є желатинова проклейка. Желатин, як амфотерний білок, утримує певний рівень рН залежно від способу його приготування.

Саме тому використання і желатину, і карбонату кальцію стали двома важливими, хоча, можливо, й не цілком усвідомленими на той час кроками, що значно поліпшили довговічність паперу.

Також, як вже зазначено вище, паперову основу можуть руйнувати і носії, підвищуючи його кислотність. До таких матеріалів належать залізоголове та анілінове чорнило.

3.2. Умови зберігання творів на паперовій основі

Забезпечення належних умов зберігання є одним із головних завдань у збереженні паперових об'єктів. Стабільність фізико-хімічного середовища

безпосередньо впливає на темпи старіння, інтенсивність деградаційних процесів та можливість довготривалого існування твору в автентичному стані.

Найбільш критичними чинниками є температура, вологість, освітлення та наявність шкідливих домішок у повітрі. Температурно-вологісний режим повинен бути стабільним, адже різкі коливання спричиняють механічну напругу в структурі аркушу, особливо за наявності проклейки, фарбового або текстового шару. Оптимальними умовами вважаються температура 18–20°C та відносна вологість у межах 45–55%. Водночас встановлено, що підвищення температури всього на 5°C майже вдвічі прискорює процеси старіння, а зниження вологості до 30% уповільнює гідролітичні реакції, проте може призвести до ламкості аркушу. Особливо вразливими до пересушування є старі папери зі зниженою еластичністю [19, р. 2].

Сучасна консерваційна практика дедалі активніше використовує інструментальні методи — спектроскопію, аналіз ступеня полімеризації, тести на міцність, вимірювання вологоутримувальної здатності — для прогнозування поведінки матеріалу в різних умовах. Ці методи дозволяють швидко визначити об'єкти, що потребують втручання, і налаштувати індивідуальні параметри зберігання [17, р. 1–2]. Простими й ефективними інструментами в моніторингу умов є також кислотно-індикаторні смужки, температурно-вологісні логери, а в закритих упаковках — силікагель і бар'єрні шари. [18, р. 21; 7, р. 6]

Правильна організація сховищ є не менш важливою. Горизонтальне зберігання або пакування у футляри із нейтральних матеріалів забезпечує додатковий захист від пилу, світла й різких мікрокліматичних коливань. Проте слід враховувати, що не всі пакувальні матеріали, позначені як «архівні» або «безкислотні», є справді інертними. Деякі з них можуть виділяти леткі кислоти або створювати несприятливі локальні середовища при герметичному пакуванні [23, р. 6]. Тому конструкція упаковки має відповідати фізико-

хімічним властивостям конкретного об'єкта, не спричиняти додаткового зволоження або накопичення кислот. Особливо обережно слід підходити до об'єктів, виготовлених із матеріалів різної природи — наприклад, комбінованих документів або колажів.

Велику користь у масштабній роботі з фондами мають неруйнівні методи моніторингу, як-от ближня інфрачервона спектроскопія (NIR), що дозволяє оцінити ступінь деградації паперу без фізичного втручання [6, р. 294]. Також перспективними є моделі зонального мікроклімату для об'єктів, які не підлягають переміщенню, що дає змогу локально контролювати умови в межах однієї полиці, шафи чи навіть коробки.

Слід ураховувати й хімічний склад паперу. Папір з високим вмістом лігніну, кислотною реакцією або каніфольною проклейкою є особливо чутливим до вологості, світла й окиснення. Навпаки, ганчір'яні та безлігнінові сорти мають більшу стійкість і можуть зберігатися в ширшому діапазоні параметрів.

У літературі наголошується, що правильно організоване зберігання здатне значно подовжити життя твору, тоді як реставрація, хоч і необхідна в окремих випадках, завжди є втручанням у первинну структуру. Тож пріоритет надається профілактиці, яка є безпечнішою, дешевшою та загалом ефективнішою у довгостроковій перспективі [42, р. 9]. Це узгоджується із сучасною теорією консервації, яка підкреслює, що профілактичне збереження — це єдиний тип втручання, який не змінює сам об'єкт, а лише його оточення. Такий підхід не лише мінімізує ризики, а й дозволяє забезпечити довготривале існування твору без потреби в радикальному втручанні [27, р. 22].

Таким чином, ефективна система збереження паперових об'єктів базується на стабільності мікросередовища, індивідуалізованому підході до різних типів носіїв та обґрунтованому виборі матеріалів, які не лише

забезпечують захист, але й не створюють нових ризиків. Це дозволяє поєднати довговічність, енергоефективність та практичність у щоденній роботі з фондами.

Висновки до Розділу III

У процесі дослідження основ збереження творів на паперовій основі було встановлено, що їх довговічність визначається сукупністю чинників, що впливають на них протягом усього періоду існування. Аналіз зовнішніх та внутрішніх факторів старіння дозволяє глибше зрозуміти природу фізико-хімічних і біологічних процесів, які можуть не лише знижувати естетичну й наукову цінність об'єкта, а й призводити до його повного руйнування.

Зовнішні чинники, зокрема світло, зміни температурно-вологісного режиму, мікроорганізми, комахи та забруднення повітря, відіграють вирішальну роль у деструкції паперових носіїв. Найбільш агресивним з них є світло — його дія є кумулятивною, а ефекти, що проявляються з часом, часто є незворотними. Зокрема, дія УФ-випромінювання викликає фотохімічне руйнування целюлози, а також руйнування пігментів у зображеннях. Навіть музейне освітлення, що здається безпечним, спричиняє суттєві зміни після кількох місяців експонування.

Температурно-вологісний режим також є критичним фактором, від якого залежать не лише швидкість хімічних реакцій, але й активність мікроорганізмів, зміна механічних властивостей аркушу, деформації та пошкодження фарбового шару. Надмірна вологість провокує розвиток плісняви та біохімічних процесів, а пересушене повітря сприяє ламкості. Особливо небезпечними є різкі коливання, що викликають внутрішню напругу в папері, особливо в об'єктах з комбінованими матеріалами.

Біологічні пошкодження, зокрема, ураження пліснявою, комахами чи гризунами, є серйозною загрозою для фондів та архівів. Ураження пліснявою може спричинити не лише втрату міцності паперу, але й хімічну трансформацію фарб і появу плям. В умовах підвищеної вологості або поганої вентиляції пліснява розвивається особливо стрімко. Також виявлено, що навіть при відсутності візуальних ознак ураження, можуть бути присутні латентні грибкові колонії.

Серед внутрішніх факторів старіння та пошкодження паперової основи важливу роль відіграє якість сировини. Папір з бавовняних або лляних волокон має кращі експлуатаційні характеристики порівняно з деревною масою, що містить лігнін. Наявність аморфних ділянок у волокнах, зниження кристалічності целюлози та сліди металів каталізують окислювальні й гідролітичні процеси. Також виявлено, що частинки заліза, присутні в папері, сприяють утворенню сірчаної кислоти, що прискорює деградацію.

Окрему небезпеку становлять залишки проклейок, наповнювачів та барвників – особливо залізо-галоге чорнило, яке здатне викликати кислотну корозію. При контакті з вологою воно спричиняє локальне підвищення кислотності та сприяє розкладанню як фарбового шару, так і носія.

З огляду на вищезазначене, питання умов зберігання набуває першочергового значення для запобігання руйнування творів на паперовій основі. Забезпечення стабільного мікроклімату, мінімізації освітлення, контролю за забрудненням повітря та захисту від біошкідників виступають як єдиний комплекс заходів. Найкращим способом запобігання деградації є не інтенсивна реставрація, а превентивні міри – організація зберігання, заснована на наукових даних і прогнозуванні ризиків.

Розділ IV. ОСНОВНІ ВИДИ ПОШКОДЖЕНЬ ТВОРІВ НА ПАПЕРОВІЙ ОСНОВІ ТА СПОСОБИ ЇХ РЕСТАВРАЦІЇ

4.1. Матеріали що застосовуються в консервації та реставрації

а) Види паперу, що застосовуються для підклейки розривів, доповнення втрат та дублювання аркуша

У процесі реставрації творів на паперовій основі особливу увагу приділяють вибору матеріалу для доповнення втрат і дублювання аркуша. Папір, що застосовується з цією метою, не повинен змінювати фізичні властивості оригіналу: допустиме лише незначне потовщення, збереження гнучкості, уникнення деформацій та забезпечення рівномірного просвіту [1, с. 55].

Таким чином можна визначити вимоги до паперу, що застосовується у реставраційних процесах:

- Не має потовщувати аркуш
- Не має надавати надмірної жорсткості
- Не спричиняє деформацій
- Дає рівномірний просвіт
- Має нейтральну або слабколужну кислотність
- Сумісний за волокнистим складом з реставрованим документом
- Має достатню міцність і еластичність
- Тонкий і прозорий (у разі дублювання)
- Не містить лігніну, деревної маси та інших кислотних домішок
- Стабільний при зволоженні

Рівноміцний папір

До нього відносять спеціалізований реставраційний папір та японський папір ручного виготовлення. Японський папір виготовляється з волокон козо (тутового дерева), гампі та міцумата — рослин із високим вмістом довгих волокон целюлози, які забезпечують високу міцність при мінімальній товщині [1, с. 56] (іл. 8). Гампі характеризується прозорістю й блиском, тоді як козо забезпечує гнучкість і зносостійкість. У сучасному виробництві також застосовуються волокна віскози, пеньки, целюлози [1, с. 57].

Ці види паперу мають нейтральний або слабколужний рН і добре піддаються маніпуляціям навіть у зволоженому стані, зберігаючи при цьому фізичну цілісність [5, с. 28].

Мікастрічковий папір

Цей папір виробляється з бавовняної целюлози з довгими волокнами. Його використовують для укріплення книжкових корінців, усунення заломів і дублювання аркушів з одностороннім текстом. Він буває різним за товщиною, еластичний, але при зволоженні значно розтягується, що потребує обережності. [1, с. 58].

Безкислотний цигарковий папір

Цей папір використовується переважно для зберігання документів, гравюр, фотографій та як інтерліняж. Його властивості – тонкість, безкислотність, хімічна інертність – забезпечують безпечний контакт із поверхнею документа [1, с. 58].

Фільтрувальний лабораторний папір

Має високу гігроскопічність, що дозволяє застосовувати його як прокладний матеріал під час сушіння. Його структура сприяє поглинанню вологи без залишкового перенесення на відреставрований аркуш [1, с. 58].

Ганчір'яний папір

Історичний тип паперу, виготовлений із бавовняних або лляних волокон, має високі показники механічної стабільності та довговічності. Завдяки низькому вмісту лігніну та стабільній кислотності, ганчір'яний папір часто використовують для сумісного доповнення втрат у стародруках [25, р. 276; 31, р. 250].

Форзацний папір

Має підвищену міцність на розрив і зносостійкість при згинанні, тому застосовується для дублювання та виготовлення захисних конвертів. Його гладка, але щільна структура дозволяє захищати аркуші під час транспортування та експонування [1, с. 58].

Крафт-папір

Має підвищену стійкість до механічних навантажень і застосовується головню для виготовлення конвертів і пакування книжкових блоків у процесі транспортування.

Інші типи паперу

До допоміжних матеріалів належать калька під туш (прозора, гладенька — зручна для перекладання), афішний, креслярський, рисувальний, основа для пергаменту та письмовий папір. Ці сорти мають варіативну кислотність, товщину та тип волокна, що обумовлює їх вибір в окремих випадках. При визначенні їхньої сумісності з об'єктом реставрації використовують фізико-хімічні тести, такі як спектроскопія або мікроструктурний аналіз [32, с. 2870–2872; 25, с. 249–251].

б) Найпоширеніші клеї

Клей, що застосовується в реставрації творів на паперовій основі має відповідати таким критеріям:

- Бути зручним у роботі
- Бути нетоксичним
- Володіти певним рівнем біостійкості
- Бути еластичним при висиханні, не надавати надмірної жорсткості
- Не викликати деформацій
- Бути зворотнім

Клеї, що застосовуються в реставрації:

Природні:

- Борошняний
- Крохмальний (картопляний та кукурудзяний)

Синтетичні:

- МЦ (метилцелюлоза)
- КМЦ (карбоксиметилцелюлоза)
- ПВАД (полівінілацетатна дисперсія)
- ПВС (полівініловий спирт)

Природні клеї рослинного походження.

Найчастіше використовуються клеї рослинного походження. Для виготовлення реставраційних клеїв застосовуються пшеничне борошно (вищого сорту), картопляний крохмаль, кукурудзяний крохмаль [13, р. 49]. Борошняні та крохмальні клеї мають хорошу адгезію до паперу. Вони зручні в роботі та не є токсичними. Проте такі клеї мають підвищену жорсткість клейової плівки, вона водночас є жорсткою та крихкою. А також клеї рослинного походження мають низьку біостійкість.

При виготовленні клею до цих речовин додають різні речовини з різною метою. Для зменшення жорсткості клейової плівки до клею додають

пластифікатор (гліцерин). Для підвищення біостійкості – додають антисептики (ніпагін).

Клей на основі пшеничного борошна застосовується для склейки всіх видів паперу. Проте для матеріалів різної товщини та щільності доречним є застосовувати клеїв різної концентрації.

– Густий клей (10–12%) – використовується для склейки щільних видів паперу та склейки паперу з тканиною.

– Рідкий клей (7,5–4%) – використовується для всіх основних реставраційних робіт, в тому числі для наклеювання тонких паперів.

Клей необхідно наносити якомога тоншим шаром. При такому нанесенні шар клею висихає швидше та рівномірніше, менше деформує аркуш паперу та буде довговічнішим в експлуатації.

Пресування при проклейці сприяє формуванню рівномірного клейового шару, клей рівномірніше та глибше проникає в структуру аркушу, чим підвищує зчеплення між склеюваними аркушами. Пресування запобігає деформації клейової плівки і як наслідок – деформації всього аркушу, що проклеюється.

Комбінований клей – складається з суміші борошняного клею та метилцелюлози.

Клей на основі картопляного крохмалю застосовується у концентраціях 7,5%, 5% і 4%. Клей, виготовлений з картопляного крохмалю, має гарну адгезію. Проте він має суттєвий недолік – його важко наносити та видаляти надлишок клею. Картопляний клей має більш жорстку плівку, ніж клей на основі пшеничного борошна.

Клей на основі кукурудзяного крохмалю застосовується в концентраціях 10%, 7,5% та 5%. Кукурудзяний клей є зручним в нанесенні та роботі. Він утворює досить еластичну плівку.

Тваринні клеї. Желатиновий клей, як один з найдавніших адгезивів природного походження, відіграє важливу роль у реставрації, особливо при роботі з творами XVIII–XIX ст. [13, р. 10–12]. Його властивості значною мірою залежать від способу виготовлення: додавання до складу олій, солей алюмінію, формальдегіду або смол може суттєво змінити розчинність клею у воді. У таких випадках навіть старі склейки можуть виявитися нерозчинними або лише частково набухати у вологому середовищі [11, р. 7].

Желатинові клеї тваринного походження традиційно займають важливе місце в технологіях склеювання, зокрема в палітурних і столярних роботах, а також у виробництві розчинів для проклеювання. Їх цінують за сильну адгезію та здатність до гелеутворення. Основними джерелами таких клеїв є шкіра, сухожилля, хрящі, а також органічна речовина кісток (осеїн), що виварюється у воді до отримання желеподібної маси, а потім висушується до твердого стану. Якість клею залежить від сировини: найсильніший клей отримують зі шкіряних обрізків і сухожиль, а більш крихкий — із хрящів або молодих кісток, багатих на хондрин, який має нижчі адгезивні властивості. [14, с. 1–8]

Клеї на основі синтетичних речовин. Метилцелюлоза (МЦ) – дрібноволокниста чи порошкоподібна речовина білого чи блідо-жовтого кольору (іл. 9). Не має смаку та запаху, нетоксична; відрізняється хімічною інертністю, має високу стійкість до розчинної дії жирів та олій та високу світлостійкість; не жовтіє при зберіганні.

МЦ добре розчиняється у воді при температурі до 50°C, вище – нерозчинна. За кімнатної температури клейові розчини з МЦ можуть зберігатись тривалий час, при нагріванні – втрачають свої клейові властивості.

Для застосування в реставрації МЦ має бути отримана з бавовняної целюлози. У реставраційних процесах застосовують водні розчини МЦ концентрацією від 1,5% до 5%. Водні розчини МЦ застосовуються в реставрації

як для підклейки окремих поодиноких розривів та утрат, так і для укріплення слабких аркушів [33 р. 462].

Застосування метилцелюлози в реставрації паперу:

- Висока концентрація (4–5%) – склеювання щільних видів паперу, доповнення втрат, нарощування кутів, вставки «у стик», реставрація сильно пошкодженого та ветхого паперу.
- Середня концентрація (2–4%) – підклейка та дублювання щільного паперу аркушами тонкого паперу.
- Низька концентрація (1–2%) – укріплення тонких та ослаблених аркушів шляхом просочування.

Клей на основі метилцелюлози є зворотнім та видаляється з поверхні паперу теплою чи холодною водою.

Натрієва сіль карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ) має схожий на метилцелюлозу вигляд – біла чи жовтувата порошкоподібна речовина, що не має кольору та запаху, нетоксична. Легко розчиняється в теплій та холодній воді.

Використовують водні розчини концентрацією від 1,5% до 10%. Розчини концентрацією вище 5% мають високу в'язкість та складно наносяться. Після нанесення КМЦ може надавати паперу жовтий відтінок, тому в реставрації використовується обмежено. Клей видаляється після набухання у воді. У другій половині ХХ сторіччя метилцелюлозу та карбоксиметилцелюлозу використовували поперемінно, для ідентичних процесів [33 р. 462].

Полівінілацетатна дисперсія (ПВАД) – являє собою дисперсію полівінілацетату у воді, пластифіковану дибутилфталатом і стабілізовану полівініловим спиртом. Випускається у вигляді лаку та водних композицій.

ПВАД має високу клеючу здатність, вищу, ніж у клеїв рослинного походження та клеїв на основі метилцелюлози. Використовується для

склеювання щільних аркушів паперу, картону, тканини, дерева та шкіри. Склейки, виконані ПВАД, через короткий час можна роз'єднати, дозволивши клею набухнути та розм'якнути у теплій воді, проте залишки клею не виводяться з волокнистої структури аркушу паперу, після певного часу склейку ПВАД неможливо роз'єднати. Таким чином, ПВАД відноситься до числа незворотніх клеїв, тож в реставрації застосовується для палітурних робіт при реставрації книг та для виготовлення папок та футлярів для зберігання.

Полівініловий спирт (ПВС) – речовина білого чи жовтуватого кольору, без запаху та смаку. При приготуванні клейового розчину на водній основі додають гліцерин у якості пластифікатора. ПВС є розчинним у воді, добре співвідноситься з широким колом розчинників. Має хорошу адгезію, дає міцну еластичну прозору плівку. Його недоліками є підвищена гігроскопічність, ризик пожовтіння обробленого аркушу паперу та утворення плям на аркушах без проклейки.

Застосовується в окремих випадках для укріплення сильно пошкоджених аркушів, що мають низьку всотувальну здатність, в палітурних роботах та для закріплення неводостійких малюнків та текстів (олівець, туш, чорнило, акварель тощо).

4.2. Основні консерваційні процеси

Загальною метою консервації-реставрації будь-якого твору не має бути відновлення «первісного» вигляду, адже повернення до «нового» стану є неможливим. Головною метою та причиною втручання реставратора в структуру музейного предмету має бути усунення причин пришвидшеного старіння та деградації.

– Основні технологічні операції:

- Розмонтування (розбір) предмету
- Очищення
- Нормалізація кислотно-лужного балансу
- Пластифікація
- Усунення пошкоджень – деформацій, заломів, розривів та втрат
- Укріплення основи (дублювання)
- Тонування

а) Очищення (механічне та хімічне)

Задачею очищення є звільнення основи від загального забруднення (пил, бруд, кіптява), послаблення та видалення окремих локальних забруднень та плям різноманітного походження, очищення твору від слідів плісняви, різних матеріалів та речовин, що потрапили на папір за час побутування та зберігання твору чи попередніх реставрацій предмету.

Очищення може проводитись:

- Механічним способом (на суху) за допомогою гумки, гумової крихти, різних абразивних засобів, пензлів, щіток, ватних тампонів та скальпелів. Перевага таких методів полягає в тому, що вони є контрольованими та мінімально інвазивними, що особливо важливо для крихкої паперової основи [37, р. 69].
- Фізичне очищення виконується за допомогою дії води. Виконується або локально (змоченими водою ватними тампонами), або методом занурення – діє на всю поверхню аркушу. Таке очищення дозволяє видалити водорозчинні забруднення, але вимагає знання водної чутливості фарб та основи [44, р. 2891].

- Хімічне очищення здійснюється за допомогою хімічно активних речовин, що здатні руйнувати стійкі глибокі забруднення. Сюди відносяться як окислювачі (наприклад, пероксид водню, хлорована вода), так і розчинники (ацетон, спирт), які використовують залежно від типу забруднення [37, р. 83].

Методи очищення підбирають від простого до складного, від найменш до більш інвазивного. Поступове застосування запобігає зайвому навантаженню на аркуш [26, р. 1]. При виборі методу очищення слід брати до уваги стійкість основи та самого тексту до хімічних та фізичних впливів. Наприклад, папір, проклеєний желатином, гірше переносить занурення у воду, ніж той, що не має проклеївки [25, р. 54]. При виборі методу очищення слід брати до уваги стійкість основи та самого тексту до хімічних та фізичних впливів.

Механічну очистку проводять у витяжній шафі або у добре провітрюваному приміщенні. Фізичний та хімічний спосіб очищення за умови вибору неправильного методу чи хімічно активної речовини можуть, навпаки, закріпити забруднення, розширити та поглибити зону його поширення. Як зазначено у дослідженні Zervos S, Alexoroulou I., *«Застосування хімічних речовин потребує особливої обережності, оскільки їх неправильне використання може призвести до остаточного закріплення плями, поширення забруднення або навіть ушкодження самої структури паперу»* [37, р. 83]. Наприклад, при впливі неправильного розчинника на органічний пігмент можливе його перетворення або навіть фіксація у волокнах [44, р. 2891].

До очищення за допомогою хімічних реагентів звертаються в тих випадках, коли не вдалось прибрати плями механічно. Застосовуються різні сполуки в залежності від походження плям (пило-брудові, жирові, сургуч, смоли, оліфи, віск та парафін, різні клеї, чорнило, туш, фарби, сліди життєдіяльності комах). Серед найпоширеніших розчинників – трилон,

хлорамін Б, аміак, спирт, бензин, перекис водню, ацетон. Проте, з огляду на токсичність та летючість деяких сполук, зокрема хлорованих, їх використання повинно бути суворо контрольованим [37, р. 78–83].

За словами Hofenk-de Graaff J. H., *«Оскільки методи є окиснювальними, ймовірно, що навіть непошкоджені ланцюги целюлози піддаються окисненню до оксицелюлози, що призводить до зниження міцності паперу»* [20, р. 1].

Сучасні види паперу, які містять у своєму складі волокна деревного походження, є особливо нестійкими до дії хімічно активних речовин, таких як кислоти, луги, окислювачі та відновлювачі. Особливо це стосується масових сортів паперу, виготовлених із лігніновмісної сировини, де волокна вже частково зруйновані або мають аморфну структуру, вразливу до хімічного впливу [25, р. 44].

Для процесу хімічної обробки важливими параметрами є концентрація розчину, рН середовища, час обробки. Наприклад, при обробці плям від плісняви, рекомендовано застосовувати 10% розчин гіпохлориту кальцію, але лише локально та з наступним нейтралізуванням кислоти [37, р. 66].

Обов'язковою є деактивація хімічно активної речовини – промивання обробленої зони чи аркушу повністю у дистильованій воді або слабкому буферному розчині. Цей етап дозволяє уникнути подальшої деградації паперу та запобігти утворенню вторинних плям.

б) Промивання

Метою промивання аркушів є не тільки очищення від забруднень, але також і відновлення кислотно-лужного балансу паперової основи. Ця процедура сприяє не лише зовнішньому очищенню, а й внутрішній стабілізації матеріалу, що є необхідною перед подальшими реставраційними втручаннями [44, р. 2864].

Промивання відбувається:

- Методом занурення (загальне промивання);
- Методом тампонування (для окремих плям та особливо крихких аркушів, аркушів з неводостійким текстом).

Під час проведення водної обробки вода проникає в структуру аркушу, сприяє набуханню волокон, виведенню продуктів розпаду, залишків кислот, а також частково відновлює міцність аркушу за рахунок утворення нових водневих зв'язків між волокнами. Тепла, але не гаряча проточна вода допомагає відкрити мікропори в структурі аркушу та делікатно вивести глибокі забруднення [37, р. 27]. Під час проведення водної обробки відбувається часткове відновлення міцності аркушу паперу за рахунок утворення нових зв'язків між волокнами. Промивання здатне збалансувати рН основи та покращити пластичність аркушу. Як пишуть Роуз І. Р., Євремюв Ю., Лупу М.: *«... нам вдалося підтвердити позитивний вплив водної обробки: більшість типів паперу, здається, покращуються після контакту з водою кімнатної температури, тоді як експерименти з водою при підвищених температурах викликали занепокоєння»* [34, р. 473].

Іноді для підвищення ефективності очищення у воду додають слабкі розчини хімічно активних речовин. При цьому важливо контролювати рН розчину та тривалість контакту, щоби уникнути пошкодження структури паперу. Обов'язковим є завершальне промивання, яке деактивує дію хімічної речовини та виводить її залишки з волокон. Порушення цього етапу може призвести до вторинного ушкодження основи у майбутньому.

Особливої обережності необхідно дотримуватись у випадках, коли текст або малюнок виконано матеріалами, що не є водостійкими. У такому випадку застосування води не допускається, адже може спричинити розтікання, знебарвлення або повне знищення зображення. Наприклад, *«...водна обробка*

може спричинити небажане виділення пігментів у фарбах на основі залізо-галового чорнила» [44, р. 2868].

Матеріали твору (склад по волокну, проклейки, наповнювачі, фарбовий шар) та продукти їх розпаду, забруднення та інші речовини з зовнішнього середовища утворюють специфічне внутрішнє хімічне середовище. Задачею реставратора є нормалізація цього хімічного середовища і запобігання процесу пришвидшеного старіння. Найчастіше причиною пришвидшеного старіння тврів на паперовій основі є зміна рівню рН. Про порушення рівня кислотності можуть свідчити такі непрямі ознаки, як пожовтіння (загальне чи локальне) та крихкість і ламкість паперу.

Під час промивання паперової основи відбувається не лише видалення фізичних забруднень, а й часткова нормалізація кислотно-лужного балансу, що проявляється у зниженні кислотності аркушу. Особливо це актуально для матеріалів, які протягом тривалого часу піддавались дії забрудненого повітря, кислотних залишків від старих проклеюк або фарб. У випадках, коли рівень рН паперу опускається нижче 5, доцільним є проведення додаткової стабілізації – введення до структури паперу спеціального буфера на основі кальцію або його похідних. Відомо, що саме кальцій демонструє оптимальні властивості з точки зору сумісності з целюлозною структурою, завдяки чому він ефективно стабілізує рН у діапазоні 7–8, що є сприятливим для тривалого зберігання [25, р. 30].

Нормалізація рН паперової основи застосовується як при загальній високій кислотності (тобто рН нижче 4), так і при наявності локалізованих сильно кислих (рН 1–3) або лужних (рН 8–12) зон. Часто достатньо промивання в дистильованій воді для часткового вилучення кислот або лугів та зниження кислотності до прийняттого рівня. Для більш глибокого регулювання балансу

використовуються спеціальні водні розчини слабколужної реакції або метод розпилення буферного агента на поверхню аркушу.

У результаті такої обробки створюється нейтральне або слабколужне середовище (рН 7–8), яке позитивно впливає на довговічність целюлозної основи. Однак слід враховувати, що таке середовище може бути небезпечним для деяких типів барвників. Лужні стабілізатори, як правило, змінюють структуру й оптичні властивості барвників, спричиняючи їхнє знебарвлення або реакцію з волокнами. Саме тому лужна стабілізація переважно застосовується для реставрації друкованих текстів, графіки, принтів і творів, написаних сажевими чорнилами. Для кольорових робіт, особливо з використанням анілінових або акварельних фарб, такі методи застосовують вкрай обережно або уникають узагалі.

Крім того, під час стабілізаційного промивання можливе введення антисептичних компонентів, таких як солі срібла, спирти або борна кислота. Ці речовини допомагають попередити розвиток біологічного ураження, особливо у вологому середовищі або при наявності залишкових органічних речовин у складі паперу.

У цілому, промивання — це не лише технічний, але й концептуально важливий етап реставрації, який має здійснюватися з урахуванням багатьох чинників: складу паперу, типу тексту чи малюнка, характеру забруднення, стану матеріалу та його історико-культурної цінності. Саме ретельно підібрана стратегія промивання дає змогу зберегти автентичність твору і запобігти його подальшій деградації.

в) Пластифікація

Під час природного старіння роботи, а також під час промивання та хімічної обробки твору, клейові речовини, присутні у структурі паперу, руйнуються і вимиваються. Унаслідок цього аркуш паперу ослаблюється,

втрачає щільність та стає рихлим. Саме тому іноді папір потребує додаткового проклеювання, яке зазвичай проводиться до початку фізичної реставрації, або в окремих випадках — після попередніх етапів очищення та нейтралізації кислотності.

Проклейку аркушу паперу виконують із використанням клеїв тваринного (желатин, рибний клей), рослинного (мучний, крохмальний) чи синтетичного (водорозчинні ефіри целюлози, полівінілацетат, ПВС) походження. Сучасна практика консервації переважно віддає перевагу ефірам целюлози, які демонструють добру стабільність до старіння та підвищують механічну міцність основи [44, р. 2883; 9, р. 1].

Найчастіше застосовуються такі похідні целюлози, як метилцелюлоза, гідроксипропілцелюлоза та карбоксиметилцелюлоза [10, р. 484] Проте, як встановлено у дослідженні Вінаса та ін., *«карбоксиметилцелюлоза після прискореного старіння втрачає зміцнюючий ефект і змінює колір, тоді як метилцелюлоза є найбільш стабільною з-поміж досліджуваних»* [44, р. 2885].

Природні клеї, зокрема, тваринного походження, також досі активно використовуються, особливо в роботі з об'єктами історичного значення. Вони мають перевагу завдяки біосумісності з традиційними волокнами паперу, а також мають легкий антисептичний ефект (наприклад, желатин із додаванням антисептика або дубильних речовин) [44, р. 2882].

Клей збільшує не лише щільність і міцність, але й жорсткість аркушу паперу. З огляду на це, проклейку виконують тільки за дійсно нагальної потреби. Важливо враховувати також тип письма або зображення: підвищена жорсткість може негативно впливати на згортання, маніпуляцію з твором тощо.

Наносять укріплюючу проклейку лише після завершення процесу видалення забруднень та нейтралізації хімічно активних речовин у структурі аркушу. Іноді така проклейка сама по собі може забезпечити необхідну міцність

основи твору. У таких випадках інші методи укріплення, зокрема дублювання, можуть виявитися зайвими.

г) Підклейка заломів, розривів та доповнення втрат основи

Основні операції реставрації паперової основи охоплюють:

- усунення деформацій аркушу чи його частин (залом, складки, зморшки, хвилястість, скручування тощо);
- з'єднання розривів і зміцнення потенційно вразливих зон (краї аркушу, місця навантаження);
- доповнення втрачених ділянок паперової основи.

Деформації найчастіше усувають шляхом контрольованого зволоження, після чого проводиться розгладжування і пресування. У літературі зазначено, що «волога допомагає волокнам розпрямитися, а подальше стиснення сприяє їх повторному зближенню» [37, р. 113].

З'єднання розривів традиційно виконують за допомогою тонкого реставраційного паперу, крохмального або желатинового клею, або за допомогою лише клею, у випадках тонких тріщин без втрати фрагментів. Деякі фахівці застосовують клейову паперову пасту — це суміш паперової маси та клею, яка заповнює проміжки між волокнами й укріплює ослаблену зону.

Утрачені частини аркуша можуть доповнюватися вручну або машинно. Існує декілька технік:

- підклейка розривів «у стик» за допомогою відповідного за структурою і товщиною паперу;
- заповнення втрат вручну за допомогою вставок із сумісного паперу — відповідного за складом, кольором, товщиною і фактурою;
- механічна доливка паперової маси з використанням спеціальних паперодолівних машин (leafcasting). Метод механічної доливки полягає у заповненні розбавленою у воді паперовою масою утрат аркушу.

Розміщений на тонкому тканому ситі оригінальний аркуш вміщується у ванну, що потім заповнюється водою з розмішаною у ній паперовою масою. Розташований знизу насос витягує через сито воду, залишаючи на поверхні паперові волокна, що утворюють доповнення в місцях втрати. Цей метод дозволяє точно заповнити втрати, контролюючи товщину та колір влистої маси [6, р. 447].

За словами Швейдлера М., *«Успішне доповнення втрати завжди базується на точній відповідності фактури, прозорості, кольору й орієнтації волокон між основою та вставкою»* [37, р. 102].

При реставрації стародруків та гравюр особливо важливо, аби вставки не порушували загальну цілісність зображення і не мали механічного тиску на суміжні області. У таких випадках рекомендовано застосовувати метод «shaving» — зрізування краю розриву перед приклеюванням вставки, що забезпечує плавний перехід та уникає утворення блиску або надлишкової товщини [37, р. 100–102].

Слід враховувати, що надмірне використання клейових речовин, як це робилося в минулому з пастою на основі житнього борошна, може сприяти біологічному забрудненню (пліснява, комахи), тому сучасні матеріали обираються з урахуванням їхньої хімічної інертності та зворотності.

г) Дублювання

Укріплення аркушу паперової основи твору шляхом нашарування допоміжного реставраційного матеріалу називається дублюванням. Реставраційний матеріал виконує функцію армованого каркасу, надаючи необхідної міцності та жорсткості аркушу паперу.

При дублюванні реставраційний матеріал наносять на документ з одного чи двох боків за допомогою клею. Як правило, використовують дуже тонкий японський або реставраційний папір, що має подібну до оригіналу прозорість,

механічні властивості та візуальні характеристики. Ретельний підбір матеріалу є критично важливим, особливо якщо дублювання здійснюється по зображенню чи тексту. *"Зображення, дубльоване з лицьового боку, неминуче втрачає ясність, візуальну глибину та контраст, особливо при використанні товстого або оптично насиченого покриття"* [37, с. 226].

У випадках, коли потрібно зберегти видимість зображення або присутній водорозчинний фарбовий шар, застосовують дублювання за допомогою полімерних клеїв у розчинниках. Полімерні клеї забезпечують прозорість та стабільність, але вимагають обережного поводження через потенційну нестійкість старого фарбового шару.

Дублювання застосовується у випадках, коли структура аркушу втратила свою цілісність, є ослабленою або надмірно деформованою. Це також доцільно, коли присутні численні розриви або втрати, які унеможливають безпечно зберігання чи експонування документа.

Відомо, що *"дублювання може бути необхідним лише в разі серйозних пошкоджень, коли інші методи стабілізації не забезпечують достатньої підтримки паперової основи"* [44, р. 14]. Водночас дублювання значно змінює фізичні властивості об'єкта, тож потребує точного обґрунтування перед проведенням.

Для зменшення ризиків дублювання повинно бути зворотним — тобто у разі потреби доданий шар може бути безпечно вилучений без шкоди для оригіналу. Практика свідчить, що *"надмірна кількість дублювального матеріалу або неправильний тип клею здатен спотворити структуру аркушу або навіть спричинити нові деформації при зміні вологості"* [37 р. 4].

Тип клею, вибір дублювального матеріалу, умови сушіння та пресування повинні підбиратись так, щоб забезпечити мінімальне вуалювання зображення та виключити пошкодження. Після дублювання основа повинна залишатися

міцною, але максимально тонкою та еластичною, не створюючи додаткових напружень у волокнистій структурі.

д) Тонування

Тонування у процесі реставрації творів на паперовій основі виконує не лише естетичну функцію, але й може бути важливою складовою візуальної стабілізації об'єкта. Йдеться не про повернення твору до «нового» вигляду, а про зменшення візуальної навантаженості пошкоджених ділянок, які заважають сприйняттю зображення або тексту. Найчастіше тонуванню підлягають вставки, доповнення втрат, місця розривів, де папір нового введення різко контрастує з основою (іл. 10). Завдання реставратора в цьому випадку — підібрати та нанести колір так, аби вставка не привертала зайвої уваги і не порушувала загальної композиційної цілісності [32, р. 79].

При виборі матеріалів для тонування орієнтуються на ті, що дозволяють досягти відповідності кольору, фактури та оптичних властивостей з оригіналом. Серед пігментних матеріалів традиційно використовуються акварель, гуаш, пастель, кольорові олівці, графіт, а також історичні та сучасні пігменти, розтерті з відповідним в'язивом. Важливо, щоб матеріал не мав надмірного блиску, не залишав глянцевої плівки та не проникав глибоко в структуру паперу, бо це ускладнює зняття у разі потреби. Наприклад, сухі пігменти у вигляді пастелі можуть частково виводитись гумкою, тоді як гуаш або акварель, особливо у поєднанні з клеями, є практично незворотними [32, р. 86].

Тонування виконується лише після завершення всіх конструктивних операцій: вставок, підклейки, дублювання. Найчастіше використовують метод пошарового нанесення, при якому пігмент вводиться дрібними мазками, крапками або легким припудренням, з поступовим нарощуванням насиченості. Такий підхід дозволяє контролювати результат, уникати плям і забезпечити плавний перехід між тоном оригіналу та вставки. Часто застосовуються методи

точкування або імітації структури паперу, особливо у випадках тонування втрат на гравюрах чи стародруках [32, р. 101].

Особливу складність становить тонування на паперах із вираженою фактурою або неоднорідним забарвленням. У таких випадках перед початком робіт важливо протестувати пігменти на зразку подібного паперу, аби оцінити їх поведінку при висиханні та зменшити ризики небажаного ефекту. Також слід враховувати можливе оптичне затемнення кольору при нанесенні клею або ізоляційного шару.

Важливим питанням у тонуванні є етична межа втручання. Якщо тонування виконується надмірно точно або занадто інтенсивно, воно ризикує ввести в оману глядача, маскуючи наявність втрат. Така практика може бути неприйнятною з точки зору консерваційної етики. У музейній реставрації зазвичай обирають мінімально видиме тонування, яке дозволяє зчитати контур вставки або відрізнити нове втручання, але не акцентує на ньому увагу. У приватній же практиці, де об'єкти можуть бути призначені для естетичного споглядання, іноді переважає підхід повної візуальної інтеграції. Проте, як зазначено в літературі, *«ретушування не повинно створювати новий образ, який буде кращим за старий — інакше виникає новий твір, що лише виглядає автентичним»* [32, р. 79].

У деяких випадках тонування може виконуватись не безпосередньо на об'єкті, а на допоміжних елементах – наприклад, на кольорових підкладках або вставках, що вводяться під втрату. Цей підхід дозволяє зберегти оригінальну структуру твору недоторканою і є зворотним методом візуальної компенсації втрат. Ефективність такого методу залежить від товщини основи, прозорості матеріалу вставки та характеру освітлення.

Вибір методики тонування вимагає поєднання досвіду, художнього чуття й наукового підходу.

Висновки до Розділу IV.

Проведений аналіз засвідчив, що кожне консерваційно-реставраційне втручання повинно бути обґрунтованим, мінімальним за ступенем впливу і спрямованим на збереження цілісності об'єкта. Матеріали, що застосовуються в реставрації, мають бути стабільними, сумісними за структурою, безкислотними, еластичними, прозорими та при потребі — зворотними. Найкращі результати демонструють тонкі рівномірні папери та клеї на основі мучної пасти або метилцелюлози. Застосування синтетичних незворотних матеріалів обмежується випадками, де це виправдано технологічно.

Консерваційні процеси, зокрема очищення, нормалізація кислотно-лужного балансу, промивання та дублювання, повинні підбиратись індивідуально з урахуванням типу пошкоджень, складу паперу, стану фарбового шару та історичної цінності документа. Найбільш ефективними є м'які методи очищення з поступовим нарощуванням впливу, починаючи від механічного, з подальшим, за потреби, переходом до фізико-хімічного очищення. При цьому особливо важливо забезпечити зворотність процесу, уникнути ушкоджень структури паперу, не спричинити нових деформацій або хімічних змін.

Важливе місце у реставрації займає процес доповнення втрат, який виконується за допомогою вставок із сумісного паперу або методом доливки паперової маси. Успішне доповнення втрат залежить від точності підбору кольору, товщини, волокнистої структури та прозорості паперу, що вводиться. В окремих випадках, коли стан аркушу не дозволяє експонування чи обіг без додаткового підсилення, застосовується дублювання — нанесення допоміжного шару для стабілізації структури документа.

Окремим етапом, що потребує особливої уваги, є тонування. Воно не повинне змінювати сутності твору чи створювати ілюзії збереженості, а лише

полегшувати сприйняття документа без введення в оману глядача. Етичний підхід передбачає, що втручання у вигляд документа має бути візуально поміркованим і таким, що не приховує факту втрати або пошкодження. Ретушування розглядається не як засіб художньої «реставрації», а як візуальна стабілізація пам'ятки.

У цілому, реставрація творів на паперовій основі — це складний міждисциплінарний процес, що поєднує технологічну обізнаність, художнє чуття, науковий аналіз і відповідальне етичне ставлення до історичної спадщини. Ефективна реставрація не прагне відновити «новизну», а забезпечує збереження документу як носія змісту, форми й матеріального часу.

ВИСНОВКИ

Аналіз історіографії за темою дослідження дозволив простежити наступне:

- еволюція у виготовленні паперу вказує на поступовий перехід від матеріалів тваринного походження (пергаменту) до рослинних основ, що були дешевшими у виробництві, проте менш стабільними за структурою. Ці особливості технології безпосередньо впливають на механізми старіння паперу, його вразливість до кислотності, світла, вологи, біологічних чинників та механічних пошкоджень;

- питання збереження графіки та документів на папері розвивалися в площині міждисциплінарної взаємодії — на стику матеріалознавства, фізико-хімічних наук, мистецтвознавства та бібліотечної справи;

- консерваційно-реставраційне втручання з точки зору сучасних принципів неможливе без глибокого розуміння як історії паперу, так і особливостей матеріалів, які використовувалися у процесі його створення.

Папір постає як багатокомпонентна система, в якій волокна, наповнювачі та проклейка утворюють єдину структуру, і це поєднання визначає не лише візуальні характеристики аркуша, але також його стійкість до зовнішніх чинників, довговічність і здатність зберігати нанесене зображення.

Завдяки кардинальним змінам у виробництві паперу у XVIII–XIX ст., суттєво змінилися його фізико-хімічні властивості. В той час як ганчір'яний папір демонстрував високу стабільність у довготривалому зберіганні, нові типи паперу, вироблені на основі деревини, виявилися значно менш стійкими до зовнішніх чинників. Ці зміни, з одного боку, сприяли демократизації книжкового виробництва, але з іншого — стали причиною масової деградації паперових артефактів, створених у новітній період.

Важливими факторами впливу на стабільність паперового твору є проклейка та наповнювачі, здатні значним чином впливати не лише на зовнішній вигляд, але й на стійкість паперу до зовнішніх чинників та швидкість його деградації; різні носії зображення (сажеві чорнила, туш, залізо-галові чорнила, друкарські фарби, пастель чи графіт) по-різному взаємодіють з основою, маючи кожне свої переваги й обмеження. Це дає підґрунтя для свідомого підходу до оцінки стану творів на паперовій основі, вибору тактики консерваційних втручань та стратегій їх довготривалого збереження.

У процесі дослідження збереження об'єктів на паперових основах було встановлено, що їх довговічність визначається сукупністю чинників, які впливають на них протягом усього періоду існування. Аналіз зовнішніх та внутрішніх факторів старіння дозволяє глибше зрозуміти природу фізико-хімічних і біологічних процесів, які можуть не лише знижувати естетичну й наукову цінність об'єктів, а й призводити до їх повного руйнування.

Зовнішні чинники, зокрема світло, зміни температуро-вологісного режиму, мікроорганізми, комахи та забруднення повітря, відіграють вирішальну роль у деструкції паперових носіїв. Серед внутрішніх факторів старіння та пошкодження паперової основи важливу роль відіграє якість сировини. З огляду на вищезазначене, питання умов зберігання набуває першочергового значення для запобігання руйнуванню творів на паперовій основі. Забезпечення стабільного мікроклімату, мінімізація освітлення, контроль за забрудненням повітря та захист від біошкідників виступають як єдиний комплекс заходів. Найкращим способом запобігання деградації є не інтенсивна реставрація, а превентивні заходи – організація зберігання, заснована на наукових даних і прогнозуванні ризиків.

Проведений аналіз технологій консерваційно-реставраційної практики засвідчив, що кожне втручання повинно бути обґрунтованим, мінімальним за

ступенем впливу і спрямованим на збереження цілісності об'єкта. Матеріали, що застосовуються в консервації-реставрації, мають бути стабільними, сумісними за структурою, безкислотними, еластичними, прозорими та при потребі — зворотними. Найкращі результати демонструють тонкі рівномірні папери та клеї на основі борошняної пасти або метилцелюлози. Застосування синтетичних незворотних матеріалів обмежується випадками, де це виправдано технологічно.

Консерваційні процеси, зокрема, очищення, нормалізація кислотно-лужного балансу, промивання та дублювання, повинні підбиратись індивідуально з урахуванням типу пошкоджень, складу паперу, стану фарбового шару та історичної цінності документа. Найбільш ефективними є м'які методи очищення з поступовим нарощуванням впливу, починаючи від механічного, з подальшим, за потреби, переходом до фізико-хімічного очищення. При цьому особливо важливо забезпечити зворотність процесу, уникнути ушкоджень структури паперу, не спричинити нових деформацій або хімічних змін.

Важливе місце займає процес доповнення втрат, який виконується за допомогою вставок із сумісного паперу або методом доливки паперової маси. Успішне доповнення втрат залежить від точності підбору кольору, товщини, волокнистої структури та прозорості паперу, що вводиться. В окремих випадках, коли стан аркушу не дозволяє експонування чи обіг без додаткового підсилення, застосовується дублювання — нанесення допоміжного шару для стабілізації структури документа.

Окремим етапом, що потребує особливої уваги, є тонування. Воно не повинне змінювати сутності твору чи створювати ілюзії збереженості, а лише полегшувати сприйняття документа без введення в оману глядача. Етичний підхід передбачає, що втручання у вигляд документа має бути таким, що не

приховує факту втрати або пошкодження. Ретушування розглядається не як засіб художньої «реставрації», а як візуальна стабілізація пам'ятки.

Отже, консервація-реставрація творів на паперовій основі — це складний міждисциплінарний процес, що поєднує технологічну обізнаність, художнє чуття, науковий аналіз і відповідальне етичне ставлення й забезпечує збереження документу як носія змісту, форми й матеріального часу.

Список використаних джерел

1. Андріанова О.Б., Біскулова С.О., Перевальський В.Є., Чуєва К.Є., Шостак О.Д. Наука. Мистецтво. Студії. Освіта. Технологічні дослідження творів європейської графіки з колекції музею Ханенків: методичний посібник. Київ : [НХМУ / Музей Ханенків], 2021. 92 с.
2. Борисенко М. О. Кислотність та способи її нейтралізації у процесі превентивної консервації та реставрації архітектурної графіки // Мистецтвознавчі записки: зб. наук. праць. 2021. Вип. 39. С. 43-46.
3. Дзедзелюк Л., Льода Л. Документи на пергаменті: способи дослідження, реставрації, збереження // Записки Львівської національної наукової бібліотеки України імені В. Стефаника. 2013. №5. С. 279–280.
4. Розумна Л.І., Льода Л.М. Проблеми кислотності друкованих видань та шляхи підвищення їх довговічності // Бібліотека. Наука. Комунікація. Актуальні питання збереження та інноваційного розвитку: матеріали міжнар. наук. конф. – Київ: НБУВ, 2023. С. 45–52.
5. Талімонова Н.Л., Бабанська Л.О. Визначення волокнистого складу паперу деяких видань фонду рідкісних і цінних документів Науково-технічної бібліотеки ім. Г. І. Денисенка КПІ ім. Ігоря Сікорського // Бібліотечний вісник. 2021. № 6. С. 25–31.
6. Anders M., Knight B. NIR/chemometrics approach to characterisation of historical paper and surveying of paper-based collections // ICOM-CC 15th Triennial Meeting, 2008, 1, 293–300.
7. Banik G. Conservation of Water Damaged Museum and Archival Documents // ICOM Committee for Conservation 9th Triennial Meeting, Dresden, German Democratic Republic 26-31 August 1990
8. Baty J.W. et al. Deacidification for the conservation and preservation of paper-based works: a review // BioResources. 2010. №5.3. 69p.
9. Blank M.G. Prediction of the service life of the paper containing polymeric adhesives // ICOM Committee for Conservation 5th Triennial Meeting, Zagreb Yugoslavia 1-8 October 1978
10. Bredereck K., Anders M., Haberditzl A. Mechanisms of Paper Ageing and Non-aqueous Paper Deacidification Combined with Paper Strengthening // ICOM Committee for Conservation 11th Triennial Meeting, Edinburgh 1-6 September 1996

11. Cannon A. The age of animal glue // In ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Melbourne, 15–19 September 2014.
12. Cannon, A. Interactions Between Adhesives From Natural Sources and Paper Substrates // Adhesives and Consolidants for Conservation: Research and Applications. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 2011. C. 167–178
13. Darrow, F. L. The story of an ancient art, from the earliest adhesives to vegetable glue. Lansdale, Pa.: and South Bend, Ind. : Perkins glue company, 1930. 94 p.
14. Dawidowsky F. Glue, Gelatine, Animal Charcoal, Phosphorus, Cements, Pastes, and Mucilages. Philadelphia: H.C. Baird & Co., 1905. xv, 282 p.
15. Erhardt D., Tumosa C. S., Mecklenburg M. F. Material consequences of the aging of paper // ICOM Committee for Conservation 12th Triennial Meeting, Lyon 29 August - 3 September 1999
16. Garside P. and Hanson L. A Systematic Approach to Selecting Inexpensive Conservation Storage Solutions // Journal of Conservation and Museum Studies, №9, 2011. P. 4-10
17. Garside P. and Knight B. Strengthening the links between conservation analysis and conservation practice at the British Library // In ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints, Melbourne, 15–19 September 2014.
18. Garside P. Simple analyses to investigate the properties of storage systems for documents // In ICOM-CC 18th Triennial Conference Preprints, Copenhagen, 4–8 September 2017.
19. Garside P., Knight B. The behaviour of books in changing environmental conditions and the implications for collection storage, ICOM-CC 16th Triennial Conference Preprints, Lisbon, 19-23 September 2011.
20. Hofenk-de Graaff J. H. The effect of chloramine T on paper // ICOM Committee for Conservation 4th Triennial Meeting, Venice Italy 13-18 October 1975
21. Hunter D. Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft. 2nd ed., rev. and enl. New York: Alfred A. Knopf, 1947. xxiv, 611, xxxvii p.
22. Kern M. et al. Permanently bright? Predicting light-induced changes in white paper: Preliminary results // Working Towards a Sustainable Past. ICOM-CC 20th Triennial Conference Preprints, Valencia, 18–22 September 2023.

- 23.Lankester P., Thickett D. Testing storage materials for paper-based archives // In *Transcending Boundaries: Integrated Approaches to Conservation*. ICOM-CC 19th Triennial Conference Preprints, Beijing, 17–21 May 2021,
- 24.Lloyd H., Bendix C., Brimblecombe P., Thickett D. Dust in historic libraries // *Studies in Conservation*. 2007. № 52, № 3. P. 199–204
- 25.Marwick C. S. An historical study of paper document restoration methods : master’s thesis : 1964 «Library Science» / The American University, M. A., 1964. 171 p.
- 26.Mazzuca C., et al. Evaluating the influence of paper characteristics on the efficacy of new poly(vinyl alcohol) based hydrogels for cleaning modern and ancient paper // *Microchemical Journal*, Volume 155, 2020.
- 27.Muñoz V. S. *Contemporary theory of conservation*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005. 208 p.
- 28.*New Approaches to Book and Paper Conservation – Restoration* / ed. by Patricia Engel, Joseph Schirò, René Larsen, Elissaveta Moussakova, István Kecskeméti. Horn: Verlag Berger, 2011. 718 p.
- 29.Padfield T. *The Interaction of Water Vapour with Paper*. 24 November 2006. [Электронный ресурс] URL: <https://www.conservationphysics.org/watervapour/watervapour.pdf> (дата звернення: 1 трав. 2025).
- 30.*Paper Products Physics and Technology* / ed. by Monica Ek, Göran Gellerstedt, Gunnar Henriksson. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2009. 434 p. (The Ljungberg Textbook Series).
- 31.Pinheiro A. C. et al., Fungal presence in archival settings: assessment using classic culturing and molecular biology methods, ICOM-CC 16th Triennial Conference Preprints, Lisbon, 19-23 September 2011.
- 32.Poulson T. G. *Retouching of Art on Paper*, London : Archetype Publications Ltd., 2008. 127 p.
- 33.Ravines P., Faurie A. *The Impregnation and Absorption Behaviour of Methyl Cellulose on Two Modern Papers* // ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, Washington DC USA 20-27 August 1993
- 34.Rose I. R., Efremov Y., Lupu M. *Microscopic Examination of Works of Art on Paper during Solvent Treatments in Order to Determine Their Effects on Fibers and Pigments-A Joint American-Romanian Research Project* // ICOM

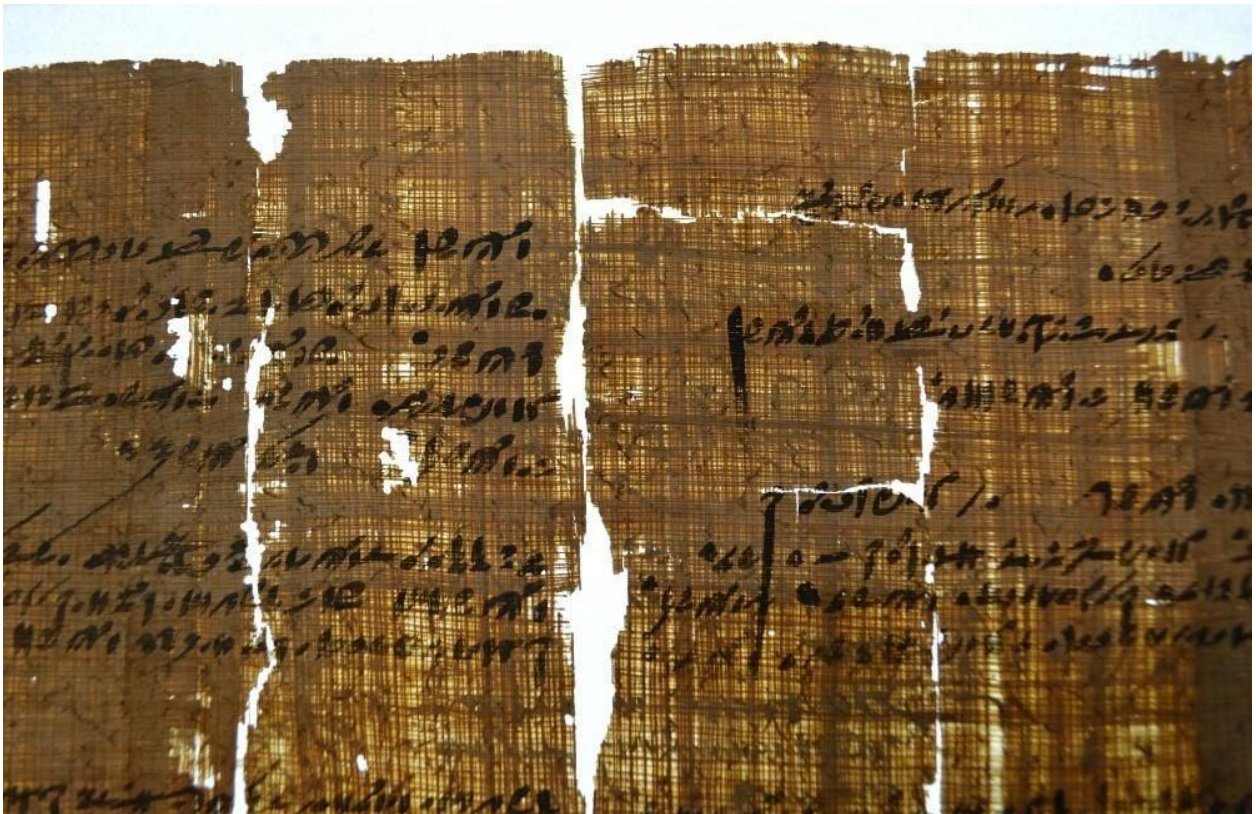
- Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, Washington DC USA 20-27 August 1993
- 35.Sauvage, L. Treatment of a large-scale pastel portrait on parchment by Jean-Etienne Liotard // ICOM-CC 17th Triennial Conference Preprints , Melbourne, 15–19 September 2014
 - 36.Saverwyns S., Sizaire V., Wouters J. The acidity of paper. Evaluation of methods to measure the pH of paper samples // ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro 20-27 September 2002
 - 37.Schweidler M. The restoration of engravings, drawings, books, and other works on paper, Los Angeles : Getty Publications, 2006. 301 p.
 - 38.Sequeira S., Cabrita E. J., Macedo M. F. Antifungals on paper conservation: An overview // International biodeterioration & biodegradation. 2012. №74, p. 67-86.
 - 39.Sistach M. C., Espadaler I. Organic and Inorganic Components of Iron Gall Ink // ICOM Committee for Conservation 10th Triennial Meeting, Washington DC USA 20-27 August 1993
 - 40.Thickett D. et al. Testing Damage Functions for Mould growth // ICOM Committee for Conservation 17th Triennial Meeting Melbourne Australia 19-23 September 2014
 - 41.Ververis Ch. Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant material and their suitability for paper production // Industrial Crops and Products №19(3), May 2004, p. 245 - 254
 - 42.Viñas V. et al. Essais physiques, chimiques et biologiques de papier journal et de papier couche. Methodologie // ICOM Committee for Conservation 4th Triennial Meeting, Venice Italy 13-18 October 1975
 - 43.Vávrová P., Kotlík P., Ďurovič M., Brezová V. Post-Irradiation Effects: The Influence of Visible Light on Archival Documents // Papier Restaurierung. 2008. №9(4). p. 26-30.
 - 44.Zervos S, Alexopoulou I. Paper conservation methods: a literature review // Cellulose. 2015. № 22. p. 2859–2897.

Перелік ілюстрацій

1. Фрагмент із зображенням вертикального та горизонтального розташування волокон», фото з сайту Британського музею. (URL: <https://www.britishmuseum.org/blog/preserving-papyrus-caring-4000-year-old-documents>)
2. Гравюра часів династії Цін із зображенням Цяя як покровителя паперового виробництва, XVIII століття
3. Структурні волокна целюлозної маси, фото Ян Хоманн
4. Характерна корозія залізо-галових чорнил (URL: <https://blogs.bl.uk/collectioncare/ink/>)
5. Аугуст Конрад Латтнер, «Моє дзеркальне відображення», 1926, Кабінет гравюр Берліна, інв. № SZ Lattner 1. Значні світлозумовлені зміни паперу та акварельного живопису в межах отвору оригінального паспарту (див. позначення), Державні музеї Берліна, Кабінет гравюр / Фаб'єнн Маєр
6. Приклад обширного ураження аркушів паперу пліснявою, що супроводжується поямами яскравого кольору
7. Приклад пошкодження паперових аркушів комахами. Фрагмент книги *Lexicon Alchemiae* (1612) з приватної бібліотеки Ісаака Ньютона, (URL: <https://trinitycollegelibrarycambridge.wordpress.com/2021/01/20/conservation-of-lexicon-alchemiae-1612-from-isaac-newtons-private-library/>)
8. Японський папір козо (URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Japanese_Tissue_Kozo.jpg)
9. Метилцелюлоза у формі порошку
10. Тонування в місцях розривів, зривів та втрат основи, до та після (URL: <https://www.ritaudina.com/en/portfolio/painting-gouache-on-kraft-paper-conservation/>)

Додатки (Ілюстративний матеріал)

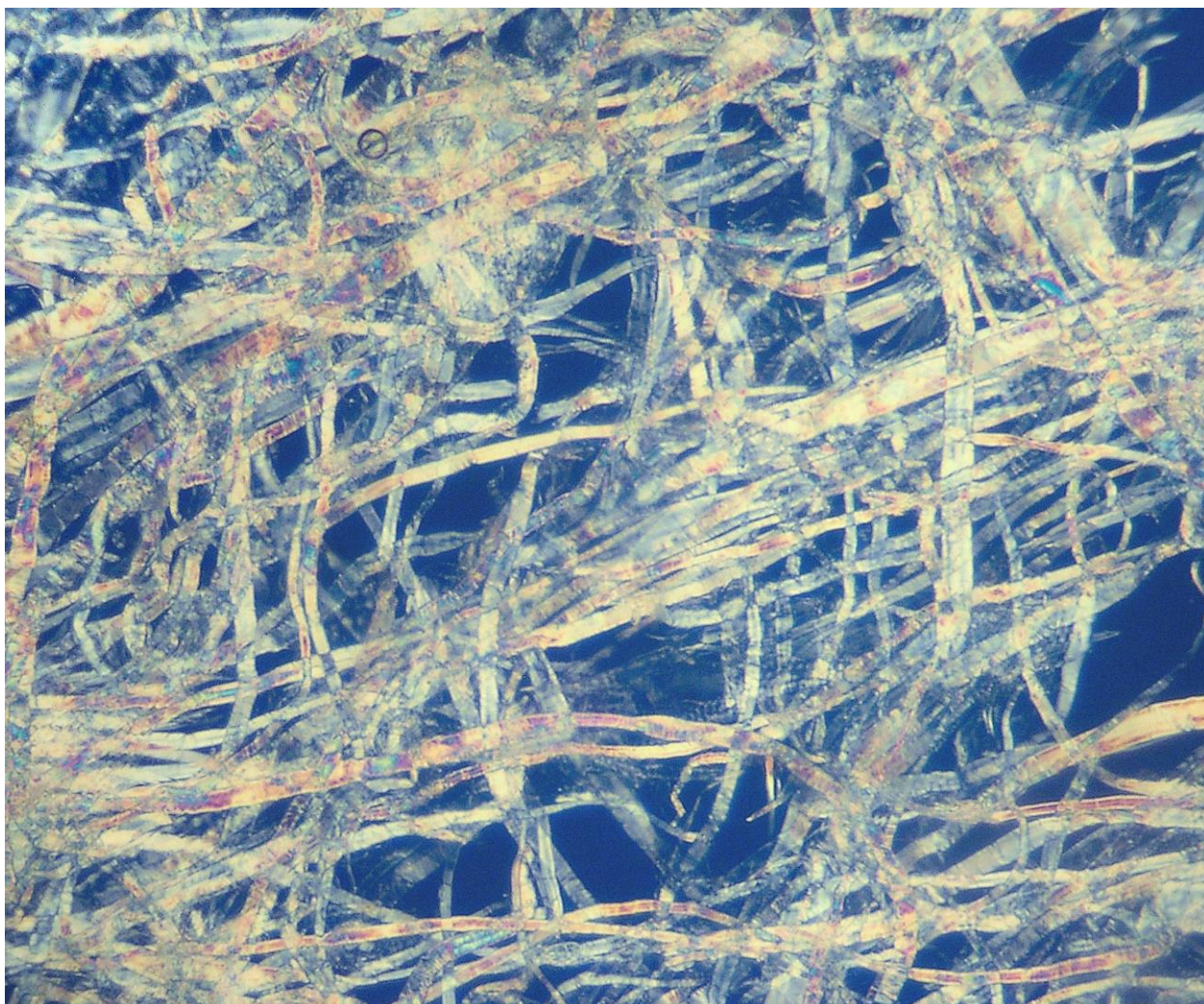
11. Фрагмент із зображенням вертикального та горизонтального розташування волокон», фото з сайту Британського музею. (URL: <https://www.britishmuseum.org/blog/preserving-papyrus-caring-4000-year-old-documents>)



12.Гравюра часів династії Цін із зображенням Ця як покровителя паперового виробництва, XVIII століття



13. Структурні волокна целюлозної маси, фото Ян Хоманн



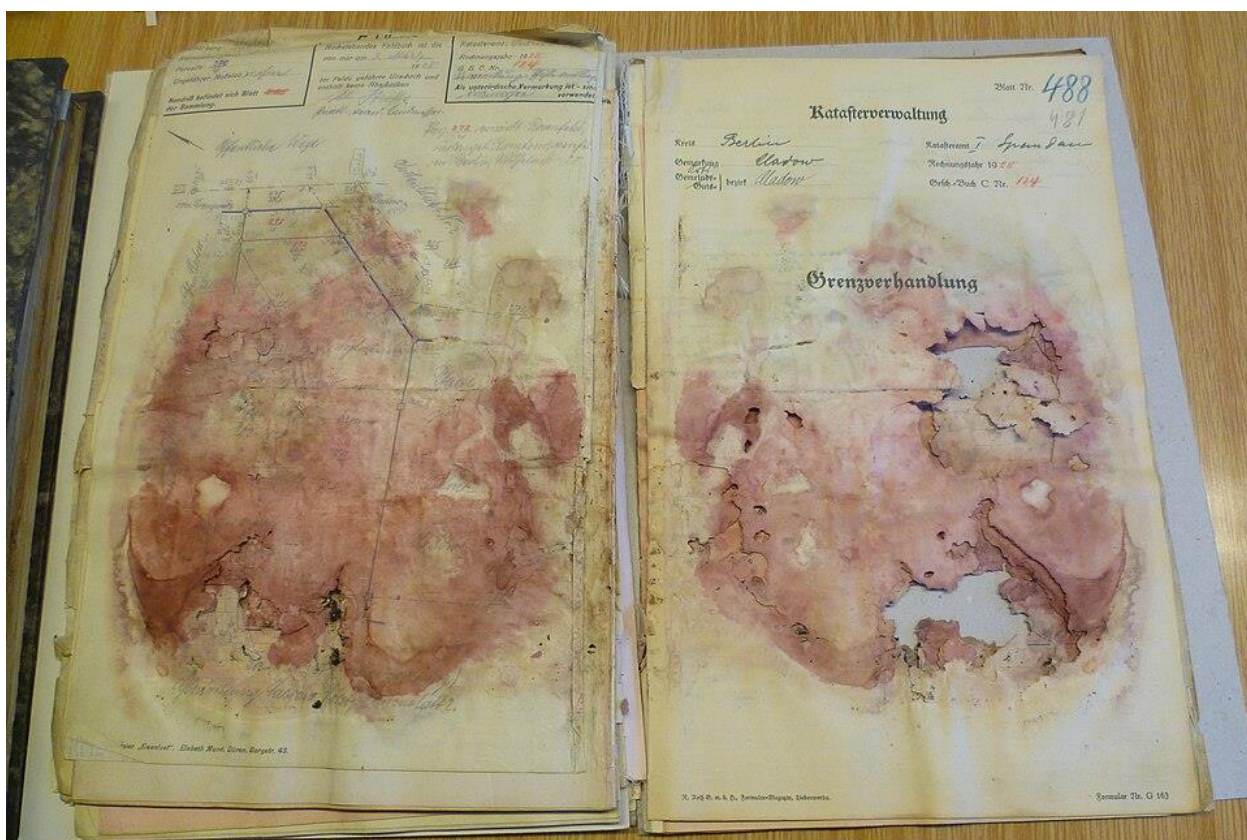
14. Характерна корозія залізо-галових чорнил (URL: <https://blogs.bl.uk/collectioncare/ink/>)



15.Аугуст Конрад Латтнер, «Моє дзеркальне відображення», 1926, Кабінет гравюр Берліна, інв. № SZ Lattner 1. Значні світлозумовлені зміни паперу та акварельного живопису в межах отвору оригінального паспарту (див. позначення), Державні музеї Берліна, Кабінет гравюр / Фаб'єнн Маєр



16. Приклад обширного ураження аркушів паперу пліснявою, що супроводжується поямами яскравого кольору



17. Приклад пошкодження паперових аркушів комахами. Фрагмент книги Lexicon Alchemiae (1612) з приватної бібліотеки Ісаака Ньютона, ([URL: https://trinitycollegelibrarycambridge.wordpress.com/2021/01/20/conservation-of-lexicon-alchemiae-1612-from-isaac-newtons-private-library/](https://trinitycollegelibrarycambridge.wordpress.com/2021/01/20/conservation-of-lexicon-alchemiae-1612-from-isaac-newtons-private-library/))



18. Японський

папір

козо

(URL:

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Japanese_Tissue_Kozo.jpg



19. Метилцелюлоза у формі порошку



20. Тонування в місцях розривів, зривів та втрат основи, до та після (URL: <https://www.ritaudina.com/en/portfolio/painting-gouache-on-kraft-paper-conservation/>)

