



DOI <https://doi.org/10.32782/naoma-bulletin-2026-5-21>
УДК 739.025.4:903.2
ORCID ID: 0000-0002-7083-6255

Савва Мостовий

доктор мистецтва,

*викладач кафедри техніки та реставрації творів мистецтва
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури
savva.mostovyi@naoma.edu.ua*

ВИЯВЛЕННЯ ХЛОРИДІВ НІТРАТОМ СРІБЛА ПІД ЧАС КОНСЕРВАЦІЇ ПАМ'ЯТОК ЧОРНОГО АРХЕОЛОГІЧНОГО МЕТАЛУ

Анотація. *Meta statmi* – проаналізувати методологію та практичне використання регламентів виявлення хлоридів нітратом срібла під час консервації археологічних пам'яток з чорного металу до початку консерваційної обробки. У статті розглянуто особливості проведення лабораторного дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла в порівнянні з методами, що широко використовуються в реставрації через свою доступність: дослідження методом оптичної мікроскопії та дослідження у вологій камері. **Методи дослідження.** Під час відбору джерел було використано історіографічний метод, а також застосовано порівняльно-аналітичний та емпіричний методи для співвіднесення підходів виявлення ознак активності корозії. **Результати.** В роботі висвітлено розбіжності в регламентах методик у лабораторному дослідженні нітратом срібла в розглянутих джерелах. Простежено поступовий розвиток та деталізацію виявлення ознак активної корозії, проте питання визначення хлоридів на пам'ятках чорного металу до початку консерваційної обробки залишається недостатньо дослідженим. Водночас обґрунтовано обмеження використання методу виявлення хлоридів нітратом срібла для комплексних предметів та археологічного металу з низькою механічною міцністю, які не підлягають зануренню. **Висновки.** Дослідження демонструє необхідність систематизації виявлення ознак активної корозії на археологічних пам'ятках з чорного металу. Виявлено, що лабораторне дослідження нітратом срібла суттєво вирізняється з-поміж інших методів визначення ознак активної корозії завдяки його доступності та інформативності. Подальша розробка даного методу для перевірки предметів на етапі доконсерваційної обробки може мати цінність для точнішої оцінки стану предмета, а також вибору подальших консерваційних заходів.

Ключові слова: консервація, реставрація, хлориди, лабораторне дослідження, нітрат срібла, волога камера, оптична мікроскопія, археологічний метал, чорний метал.

Savva Mostovyi

Doctor of Arts,

*Lecturer at the Department of Technique and Restoration of Artworks
National Academy of Fine Arts and Architecture
savva.mostovyi@naoma.edu.ua*

DETECTION OF CHLORIDES WITH SILVER NITRATE DURING THE CONSERVATION OF ARCHAEOLOGICAL IRON ARTIFACTS

Abstract. *The purpose of the article* is to analyze the methodology and practical use of protocols for detecting chlorides with silver nitrate in the conservation of archaeological iron artifacts before the start of conservation treatment. The article discusses the features of laboratory research on the detection of chlorides with silver nitrate in comparison with methods widely used in restoration due to their availability: research using optical microscopy and research in a humid chamber. **Research methods.** The historiographical method was used in the selection of sources. The article also uses comparative-analytical and empirical methods to correlate approaches to detecting signs of corrosion activity. **Results.** The paper highlights discrepancies in the regulations for laboratory testing with silver nitrate in the sources considered. The study traces the gradual development and refinement of the detection of signs of active corrosion, but the issue of determining chlorides on iron artifacts prior to conservation treatment remains insufficiently researched. At the same time, restrictions on the use of the silver nitrate method for detecting chlorides on complex objects and archaeological metal with low mechanical strength that cannot be immersed are justified. **Conclusions.** The study demonstrates the need to systematize the detection of signs of active corrosion on archaeological artifacts made of iron. It has been found that laboratory testing with silver nitrate significantly differs from other methods of determining signs of active corrosion due to its accessibility and informativeness. Further development of this method for testing objects at the stage prior to conservation treatment may be valuable for a more accurate assessment of the condition of the object, as well as for the selection of further conservation measures.

Key words: conservation, restoration, chlorides, laboratory testing, silver nitrate, humidity chamber, optical microscopy, archaeological metal, iron.

Постановка проблеми. У практиці реставрації виявлення хлоридів як однієї з причин поступової руйнації металевих предметів в музейних зібраннях має чи не першочергове значення задля їхнього збереження. Особливо стрімко внаслідок дії хлоридів відбувається руйнація пам'яток з чорного металу.

Незважаючи на те, що проблема ураження пам'яток хлоридами відома давно, практична реалізація методологічних підходів до їхнього виявлення в реставрації залишається достеменно нез'ясованою. По-перше, візуально відрізнити активні продукти корозії – хлориди – від інших, стабільних, на поверхні мінералізованого археологічного предмета, зокрема з чорного металу, досить важко. Попри те, що доволі точна оцінка стабільності металевого предмета за підсумком дослідження зондажу методом оптичної мікроскопії можлива для фахівця високого рівня, критерії цієї оцінки залишаються суб'єктивними, порівняно з іншими лабораторними методами дослідження. Результати дослідження археологічних предметів у вологій камері хоча й виразняють малопомітні ознаки активності корозії, порівняно з методом оптичної мікроскопії, проте також є непростими для виявлення хлоридів на неоднорідній кородованій поверхні археологічних предметів з чорного металу. По-друге, варто зауважити, що лабораторне дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла, порівняно з дослідженням методом оптичної мікроскопії та у вологій камері, має чіткіші критерії оцінки, проте регламенти його проведення в різних джерелах відрізняються: зазначено різні концентрації реагентів, дослідження зразка рідини з лужної ванни та з ванни з промивною (дистильованою) водою, в якій витримується предмет, у більшості джерел не специфіковане. Окрім цього, в досліджених джерелах зустрічаються різні трактування ролі окремих реагентів. По-третє, як демонструють розглянуті дослідження, виявлення хлоридів нітратом срібла дає змогу дослідникам приблизно оцінити, згідно з даними Канадського інституту консервації (англ. *Canadian Conservation Institute*), від 1 до 100 ppm (англ. *parts per million*, укр. *частин на мільйон*), концентрацію хлоридів у зразку [1]. Одним з основних принципів наукової реставрації вважається мінімальний, однак достатній для досягнення результату ступінь втручання у структуру пам'ятки. Для забезпечення цього принципу необхідно визначити кількість концентрації активних продуктів корозії (хлоридів) на поверхні

ушкоджених пам'яток археологічного металу ще до початку консерваційної обробки. Один з таких методів – за допомогою нітрату срібла – є ефективним і водночас доступним для українських реставраторів, однак у його трактуванні існують певні розбіжності, які треба з'ясувати.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Необхідність лабораторного дослідження пам'яток на виявлення хлоридів під час реставрації була відзначена ще у 1898 році німецьким хіміком Ф. Ратгеном (Friedrich Wilhelm Rathgen) в роботі «Збереження стародавніх артефактів» (нім. *«Die Konservierung von Altertumsfunden»*), про що йдеться в статті «Фрідріх Ратген: батько сучасної археологічної консервації» (англ. *«Friedrich Rathgen: the Father of Modern Archaeological Conservation»*) американського дослідника М. Гілберга (Mark Gilberg) [2]. Автор зазначає, що Ф. Ратген вперше застосував систематичний підхід до перевірки нітратом срібла ступеня висолення під час роботи з вапняковим каменем з єгипетської колекції Королівських музеїв Берліну (зараз Державні музеї Берліна, нім. *Staatliche Museen zu Berlin*) [2]. Застосований Ф. Ратгеном підхід уособив важливу парадигмальну зміну тогочасної реставрації: «До цього часу було поширеною практикою просочувати археологічний камінь та інші пористі старожитності водонерозчинною смолою, щоб зробити їх непроникними для вологи. Однак ці покриття лише затримували початок руйнування, яке потім часто відбувалося ще швидше» [2].

Рекомендації щодо виявлення хлоридів вміщені в роботі англійського хіміка А. Лукаса (Alfred Lucas) «Старожитності, їхня реставрація та збереження» (англ. *«Antiques, their restoration and preservation»*) 1932 року [3, с. 227]. Для виявлення хлоридів А. Лукас рекомендує використовувати декілька крапель 10% нітрату срібла, перевіряючи досліджувану рідину (зразок) у пробірці або на годинниковому склі, яке в той час використовували як лабораторне предметне скло [3, с. 227–228]. А. Лукас стверджує, що помутніння рідини може свідчити про присутність хлоридів, і відзначає, що більша концентрація хлоридів призводить до появи сироподібного білого осаду [3, с. 228]. Проте у своїй роботі він зауважує, що у разі виявлення хлоридів за допомогою нітрату срібла після виникнення помутніння рідини, необхідно додати до зразка неконцентровану 10% азотну кислоту, оскільки присутній у розчині карбонат натрію може викликати аналогічне до

хлоридів помутніння рідини (карбонат натрію, на відміну від хлоридів, при взаємодії з азотною кислотою розчиняється) [3, с. 228].

Згідно з даними, наведеними у підручнику з проведення кількісних хімічних аналізів британського хіміка А. Фогеля (Arthur Israel Vogel) під редакцією Д. Джеффрі (George Harold Jeffery) та інших (англ. «*Vogel's Textbook of quantitative chemical analysis*»), при визначенні хлоридів азотна кислота додається для нейтралізації лужного середовища, а як індикатор досягнення нейтрального рН рекомендовано використовувати фенолфталеїн [4, с. 351].

У статті реставратора археологічних матеріалів Національної служби парків США (англ. *the National Park Service*) Д. Пісса (Dan Riss) «Перевірка на хлориди нітратом срібла» (англ. «*Testing for Chlorides with Silver Nitrate*») наведено два регламенти проведення дослідження нітратом срібла саме для пам'яток з чорного металу: один – для перевірки наявності хлоридів упродовж висолення предмета та другий – для виявлення хлоридів у предметі до реставрації [5, с. 1–2]. Д. Пісс рекомендує в обох методах відбирати від 10 до 30 мл рідини та додавати одну або дві краплини 5% неконцентрованої азотної кислоти і дві краплини нітрату срібла (1,7 грамів кристалів нітрату срібла на 98 мл дистильованої води, що відповідає 0,1 н. або 1,7% концентрації розчину нітрату срібла) [5, с. 1–2]. Автор застерігає, що під час дослідження лужного розчину, відібраного з ванни для висолення, у процесі додавання кислоти може спостерігатись шипіння – тоді варто продовжувати підкислювати зразок до зупинки реакції [5, с. 1]. Про використання аналогічних концентрацій реагентів, однак лише з використанням рідини з лужної ванни для висолення, відомо з дисертації на здобуття ступеня доктора філософії Афінського національного технічного університету (грец. *Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο*) (Греція) професора консервації металевих артефактів Фаюмського університету (араб. *جامعة عين شمس*) (Єгипет) А. Салеха (Saleh Mohamed Saleh Ahmed) «Методи консервації залізних артефактів вилучених з морського середовища» (англ. «*Conservation Methods of Iron Artifacts Recovered from the Marine Environment*») [6, с. 138].

У статті «Початкова обробка археологічних матеріалів» (англ. «*Initial Processing of Archaeological Materials*») Товариства історичної археології США (англ. *the Society for Historical Archaeology*) дослідження нітратом срібла описано

як якісний і водночас напівкількісний метод виявлення хлоридів [7]. Для дослідження в публікації рекомендовано відбирати 15 мл рідини у пробірку, після чого додати 2 краплі 5%-ї азотної кислоти та 2 краплі 0,1 н. розчину нітрату срібла [7].

У статті дослідниці Канадського інституту консервації (англ. *Canadian Conservation Institute*) Л. Селвін (Lyndsie Selwyn) «Як перевірити наявність іонів хлору в розчинах для обробки заліза за допомогою нітрату срібла» (англ. «*How to Test for Chloride Ions in Iron Treatment Solutions Using Silver Nitrate*») детально описано регламент проведення даного дослідження [1]. Варто відзначити, що авторка застерігає від перевірки у воді пам'яток, вироблених із заліза: «Кераміку можна замочувати у чистій воді. Залізо ж, навпаки, кородує у чистій воді, тому необхідно використовувати лужний розчин гідроксиду натрію» [1]. Аналогічне застереження наведене у вищезгаданій статті «Початкова обробка археологічних матеріалів» Товариства історичної археології США (англ. *the Society for Historical Archaeology*) в розділі «Що таке знесолення?»: «Якщо метали потребують знесолення, може виникнути необхідність у використанні інших хімічних ванн, ніж водяні, оскільки вода може стимулювати швидку корозію» [7]. Л. Селвін рекомендує відбирати 10 мл зразка розчину для обробки заліза та додавати одну або дві краплі 5%-ї азотної кислоти, після чого змішати вміст пробірки. На цьому етапі для проведення дослідження авторка вказує на необхідність перевірки рН розчину, який слід підкислити до значень між 2 і 3 на індикаторному папері та на завершення додати дві краплі 2% нітрату срібла, після чого спостерігати за помутнінням зразка [1].

У дисертації наукової співробітниці Кардіфського університету (англ. *Cardiff University*) М. Ріммер (Melanie Rimmer) «Дослідження обробки археологічних пам'яток з металу уражених хлоридами» (англ. «*Investigating the treatment of chloride-infested archaeological iron objects*») для оцінки ефективності консерваційних заходів знесолення використано лабораторний прилад для вимірювання концентрації хлоридів «Radiometer Analytical», що здатний виявляти до 0,5 ppm іонів хлору в розчині [8, с. 220]. Використання подібних вкрай точних приладів для дослідження ефективності різноманітних методів знесолення однозначно виправдане, однак для більшості українських музейних інституцій та вищих освітніх закладів з підготовки консерваторів наразі

малоймовірно через необхідність підвищення кваліфікації викладачів та фінансування.

Серед публікацій українських науковців варто навести рекомендації реставратора й дослідника О. Мінжуліна для проведення лабораторного дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла, наведені в підручнику «Реставрація творів з металу» [9]. Регламент проведення дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла подано двічі: у підрозділах «Промивання» [9, с. 49] та «Видалення хлоридів промиванням» [9, с. 84]. У першому регламенті надано такі рекомендації: «Для перевірки води на залишкову присутність хлоридів у пробірку відбирають 10 мл промивної води, кілька крапель азотної кислоти та 1%-ного розчину азотнокислого срібла» [9, с. 49]. Рекомендації у другому регламенті відрізняються: «Для цього готують розчин нітриту срібла з розрахунку 1,7 г на 100 мл дистильованої води. Потім у дві пробірки відбирають по 5 мл промивної води і підкислюють її кількома краплями азотної кислоти. Одна пробірка є контрольною, а в другу додають 5 крапель розчину нітриту срібла» [9, с. 84]. Треба зазначити, що азотнокисле срібло, яке згадується в першому регламенті, – це одна з назв нітрату срібла з хімічною формулою AgNO_3 , проте вказаний у другому регламенті нітрит срібла має іншу хімічну формулу AgNO_2 , що ймовірно вказує на одрук, аніж на використання іншого реагенту.

Про особливий підхід до проведення лабораторного дослідження на виявлення хлоридів в археологічних пам'ятках з чорного металу нітратом срібла відомо зі статті «Деякі аспекти реставрації археологічної колекції заповідника» (автори: С. Шарaban, С. Омельник, А. Легейда): «Для визначення наявності іонів хлору у розчині для промивання проводилося спеціальне дослідження: до краплі розчину, яку поміщали на темне скло, додавали краплину нітрату срібла» [10, с. 78]. Особливістю вказаного підходу, порівняно з іншими раніше запропонованими методами визначення хлоридів, є використання значно меншої кількості зразка рідини (краплини) для перевірки та відсутність у регламенті дослідження використання азотної кислоти.

Проведений автором аналіз публікацій показує відмінності в регламентах проведення дослідження, окремі з яких є суттєвими, як, наприклад, допустимість витримки предмета для проведення дослідження в дистильованій воді чи виключно

у лужному розчині; відсутність в багатьох джерелах згадки про необхідність нейтралізації кислотності зразка; недостатнє висвітлення ролі азотної кислоти як реагента (таб. 1).

Мета статті полягає в аналізі методології та практичного використання регламентів виявлення хлоридів нітратом срібла в консервації археологічних пам'яток з чорного металу до початку консерваційної обробки.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. За станом збереженості пам'ятки з металевих сплавів поділяють на новий та археологічний метал. До археологічних пам'яток відносять всі предмети, що були знайдені в результаті археологічних екскавацій, і які, відповідно, перебували в землі. В роботі О. Мінжуліна «Реставрація творів з металу» зустрічаємо такий опис археологічного металу: «Як правило, він уражений міжкристалітною корозією, котра виникає по межах зерен, що призводить до послаблення механічної міцності і крихкості усього виробу» [7, с. 33]. Внаслідок дії корозії металеве ядро поступово мінералізується. Новий метал, для якого характерний металевий блиск, пластичність, ковкість та інші типові для металів технологічні, фізичні та хімічні властивості, кородуючи, втрачає їх, і поступово перетворюється на продукти корозії.

Упродовж перебування в землі, хлориди з ґрунту можуть просочуватись глибоко у структуру пам'яток з чорного металу. Хлориди сприяють інтенсифікації кородування предметів, і їхня руйнівна дія продовжується також і після підйому пам'яток в атмосферні умови. Наслідком дії хлоридів є як спотворення поверхні, так і мінералізація металевого ядра, осипання металу та розшарування металевієї структури предмета і його фрагментація.

Виявлення хлоридів потребує проведення лабораторних досліджень, оскільки саме вони допомагають з'ясувати дані про стан пам'ятки, які не можуть бути встановлені на підставі тільки візуальних досліджень неозброєним оком. За підсумком досліджень складається програма консерваційних заходів з метою призупинення руйнівних процесів. Серед доступних та поширених методів, що допомагають оцінити стабільність пам'ятки з чорного металу та виявити хлориди, варто виділити методи оптичної мікроскопії, дослідження у вологій камері та виявлення хлоридів нітратом срібла.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз методик визначення хлоридів нітратом срібла

Матеріал пам'ятки та рідина, що перевіряється	Кількість досліджуваної рідини (зразка)	Кількість розчину нітрату срібла	Концентрація розчину нітрату срібла	Кількість азотної кислоти	Концентрація азотної кислоти	Спосіб перевірки кислотності	Особливості методики	Література
Чорний метал; Лужний розчин (1% гідроксиду натрію)	10 мл	2 краплі	2%	1-2 краплі (або більше до нейтралізації)	5%	Індикаторний папір (значення між 2 і 3)	1. Обґрунтування застосування азотної кислоти: для виключення помутніння через солі срібла, окрім хлориду срібла. 2. Використання лужної ванни. 3. Застереження від використання ванни з дистильованою водою. 4. У разі наявності часток у рідині, її фільтрують перед перевіркою	1
Матеріал не специфіковано; Дистильована вода	+	Декілька крапель	10%	Декілька крапель	10 частин сильної кислоти на 90 частин води (10%)	–	1. Перевірка на годинниковому склі або в пробірці. 2. Обґрунтування застосування азотної кислоти для виключення помутніння через карбонат натрію або натрон.	3
Чорний метал; Дистильована вода	10-30 мл	2 краплі	1,7 г / 98 мл (0,1 н. або 1,7%)*	1-2 краплі (або більше до нейтралізації)	5%	Відсутність шипіння під час додавання азотної кислоти	1. Регламент дослідження перед консерваційними заходами. 2. Перед дослідженням предмет очищують від поверхневих пило-брудових нашарувань. 3. Використання ванни з дистильованою водою. 4. Витримка предмета у ванні впродовж одного дня. 5. У разі наявності часток в рідині, її фільтрують перед перевіркою.	5
Чорний метал; Лужний розчин	10-30 мл	2 краплі	1,7 г / 98 мл (0,1 н. або 1,7%)*	1-2 краплі (або більше до нейтралізації)	5%	Відсутність шипіння під час додавання азотної кислоти	1. Регламент дослідження в процесі знесолювання. 2. Використання лужної ванни. 3. Додавання азотної кислоти до припинення шипіння.	5
Чорний метал; Лужний розчин	10-30 мл	+	1,7 г / 98 мл (0,1 н. або 1,7%)*	2 краплі	+	–	Використання лужної ванни.	6
Чорний метал; Лужний розчин	15 мл	2 краплі	0,1 н.	2 краплі	5%	–	1. Використання лужної ванни. 2. Застереження від використання ванни з дистильованою водою.	7
Чорний метал; Дистильована вода	10 мл	Кілька крапель	1%	Кілька крапель	+	–	1. Використання ванни з дистильованою водою. 2. Методика застосовується в процесі промивання. 3. Індикаторний папір використовується для перевірки якості промивання. Перевірка індикаторним папером промивної води незначена.	9
Чорний метал; Дистильована вода	5 мл	5 крапель	1,7 г / 100 мл (0,1 н. або 1,7%)*	Кілька крапель	+	–	1. Використання ванни з дистильованою водою.	9
Чорний метал; Лужний розчин (лужний сульфід)	1 крапля	1 крапля	+	–	–	–	1. Перевірка на темному склі, а не в пробірці. 2. Використання лужної ванни.	10

Умовні позначення:

-- не зазначено або не використовується;

+ – використання зазначено (об'єм або концентрація не вказані);

* – значення 0,1 н. та 1,7% наведені з незначним допущенням (різниця в об'ємі дистильованої води, що вказана у прикладах, становить 2 мл).

Метод оптичної мікроскопії – зазвичай проводиться шляхом спостереження в умовах збільшення під бінокулярним мікроскопом. Даний метод на практиці поєднується з проведенням зондажного розкриття, що допомагає встановити відомості про ступінь корозійного ураження, виявити збереженість металевого ядра та висунути припущення про склад продуктів корозії. Цей метод, у разі виявлення на поверхні досліджуваного предмета яскраво виражених ознак активності хлоридів, може дати змогу обґрунтувати підстави для стабілізації пам'ятки. Ознаки активності хлоридів видаються малопомітними, особливо на неоднорідній кородованій поверхні пам'яток з чорного металу. До таких ознак належать плямки корозії та краплини вологи.

Для провокування появи ознак активності хлоридів реставратори використовують метод дослідження у вологій камері. Як вологу камеру або камеру Розенберга використовують ексикатор – лабораторне обладнання для проведення досліджень, що являє собою посудину, яку частково заповнюють дистильованою водою, а досліджуваний предмет вкладають на підвищення з отворами (перфорацією) та накривають кришкою. Упродовж перевірки рівень вологості, що виникає внаслідок випаровування води в ексикаторі, значно збільшується і провокує активність хлоридів. У разі активності хлориди проявляються на поверхні предмета з чорного металу у вигляді краплинок вологи і невеликих плям рудого кольору. О. Мінжулін описує проведення дослідження з виявлення хлоридів для пам'яток зі сплаву на основі міді: «На дно камери кладуть ґратки або підвищення, наливають дистильовану воду до рівня підвищення, зверху вміщують предмет і герметично накривають кришкою» [7, с. 72]. Згідно з його рекомендаціями, час витримки предмета у вологій камері має становити добу [7, с. 72].

Лабораторне дослідження з виявлення хлоридів нітратом срібла під час консерваційної обробки пам'яток з металу здебільшого проводять для перевірки рідини з ванни для висолення чи промивної води на залишкові хлориди. Проте, проаналізувавши інформацію з вищенаведених джерел, визнаємо можливою перевірку предметів з чорного металу також і до початку консерваційної обробки [5]. У публікаціях останніх років дослідники наводять переконливі аргументи щодо витримки пам'ятки з чорного металу в лужному розчині замість дистильованої води для

проведення дослідження нітратом срібла задля уникнення її кородування [1; 7].

З урахуванням розбіжностей в регламентах лабораторного дослідження на виявлення хлоридів для пам'яток з чорного металу, наведення точних рекомендацій щодо його проведення виходить поза межі даного дослідження, оскільки означена проблема є міждисциплінарною і потребує співпраці фахівців найвищого рівня у галузі реставрації та хімії, а також значних ресурсів для дослідницької роботи. Однак, спираючись на проаналізовані джерела та власні спостереження можна дійти наступних висновків. Перед проведенням лабораторного дослідження, що передбачає занурення, механічна міцність та особливості технології виготовлення предмета, як, наприклад, наявність інкрустацій чи покриття, мають бути враховані, й у разі можливого ризику для збереженості предмета варто надати перевагу іншим методам оцінки стабільності, що не становлять небезпеки пошкодження.

Один з найбільш вичерпних регламентів проведення лабораторного дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла для пам'яток з чорного металу наведено дослідницею Канадського інституту консервації (англ. *Canadian Conservation Institute*) Л. Селвін у статті «Як перевірити наявність іонів хлору в розчинах для обробки заліза за допомогою нітрату срібла» [1]. Для проведення дослідження авторка рекомендує підготувати дві пробірки по 10 мл: одна – з досліджуваною рідиною (зразок), а інша – з дистильованою водою (контрольна). За потреби зразок необхідно відфільтрувати від твердих часток. До обох пробірок треба додати одну чи дві краплі 5% азотної кислоти та перемішати. На цьому етапі необхідно перевірити рівень рН рідин у пробірках. Для перевірки необхідного рівня рН, що має становити від 2 до 3 одиниць, рекомендовано використовувати індикаторний папір. У разі використання лужного розчину може виникнути потреба продовжувати підкислювати його, щоб досягти необхідних значень рН. Для спостереження за помутнінням, яке має виникнути у разі присутності хлоридів, авторка рекомендує розташувати пробірки на чорному тлі та спрямувати на них бічне світло. На завершення необхідно додати до пробірок 2 краплі 2% водного розчину нітрату срібла та оцінити ступінь помутніння. В зазначеній публікації наведений розширений регламент, що передбачає порівняння концентрації хлоридів у досліджуваному розчині із завчасно підготовленими стандартними водними розчинами

хлориду натрію (харчової солі) різної концентрації (від 5 ppm до 3000 ppm).

Попри доволі детальний розгляд проблеми, питання коректності проведення дослідження на виявлення хлоридів нітратом срібла до початку консерваційної обробки пам'яток з чорного металу та його практичної реалізації залишається не до кінця розкритим. Наприклад, американський дослідник Д. Рісс у статті «Перевірка на хлориди нітратом срібла» зазначає, що для перевірки пам'ятки з чорного металу до початку реставрації необхідно витримати предмет у дистильованій воді впродовж доби [5]. Проте, як вже було відзначено, роботи інших дослідників застерігають від витримки в дистильованій воді пам'ятки з металу для виявлення хлоридів задля уникнення корозії й рекомендують використовувати розчин гідроксиду натрію в концентрації 1% у процесі знесолення [1].

Використання методів із менш очевидними критеріями оцінки ураження хлоридами, ніж у випадку з нітратом срібла, є виправданим, оскільки оптична мікроскопія не становить ризиків для переважної більшості об'єктів. Дещо меншу кількість предметів через необхідність їхнього перебування в умовах високої вологості можна перевіряти у вологій камері. Застосування нітрату срібла для виявлення хлоридів, окрім ризиків, пов'язаних із зануренням часто вкрай крихких археологічних пам'яток, та обмежень під час перевірки комплексних предметів, навіть за умови використання лужної ванни має передбачати подальше промивання від залишків реагенту та просушування. За таких обставин стає очевидним, що подібна процедура перевірки підвищує корозійні ризики, які у разі оптичної мікроскопії відсутні, а за використання вологої камери є значно меншими. Тож на цьому етапі

перевірка нітратом срібла залишається доступною та інформативною методикою оцінки ефективності знесолення пам'яток із чорного металу, проте встановлення ступеня ураження хлоридами перед консерваційними заходами все ще покладається на менш точні лабораторні дослідження.

Головні висновки і перспективи використання результатів дослідження. Дослідження висвітлює проблему виявлення хлоридів лабораторними методами, що широко використовуються в реставраційній практиці для оцінки стабільності стану археологічних пам'яток з чорного металу. Порівняння розглянутих лабораторних методів виявило потребу у конкретизації їхніх результатів. Лабораторне дослідження нітратом срібла має досить чіткі критерії виявлення хлоридів, що дає змогу отримати вичерпну інформацію про стабільність археологічного предмета з чорного металу, враховуючи особливості його поверхні. Проте аналіз джерел виявив значні відмінності у регламентах проведення дослідження нітратом срібла, а також недостатній ступінь розробки методик практичного використання даного методу до початку консерваційної обробки. Водночас було виявлено і випадки обмеження застосування методу дослідження нітратом срібла. Вважаємо, що подальше уточнення регламенту дослідження нітратом срібла для встановлення ступеня ураження археологічних пам'яток з металу хлоридами є необхідним етапом досліджень до початку консерваційної обробки, задля вибору більш щадного консерваційного заходу. Однак формулювання точних рекомендацій про застосування методу дослідження хлоридів нітратом срібла є міждисциплінарною проблемою, що потребує співпраці фахівців у галузі реставрації та хімії.

Список використаних джерел

1. Selwyn L. How to Test for Chloride Ions in Iron Treatment Solutions Using Silver Nitrate – Canadian Conservation Institute (CCI). 2016. Notes 4/5. *Government of Canada*. URL: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/test-chloride-ions-iron-treatment-silver-nitrate.html> (дата звернення: 18.01.2026).
2. Gilberg M. Friedrich Rathgen: the Father of Modern Archaeological Conservation. *Journal of the American Institute for Conservation*. 1987. Т. 4, № 2. С. 105–120. URL: <https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic26-02-004.html> (дата звернення: 18.01.2026).
3. Lucas A. *Antiques, their restoration and preservation*. London : E. Arnold & Co, 1932. 240 с. URL: <https://wellcomecollection.org/works/hgnbyzme> (дата звернення: 18.01.2026).
4. Vogel's textbook of quantitative chemical analysis / Jeffery G. H. [та ін.]. 5-е вид. New York : Longman Scientific & Technical, 1989. 877 с. URL: <https://chem.hbcse.tifr.res.in/wp-content/uploads/2019/10/vogels-textbook-of-quantitative-chemical-analysis-5th-edition.pdf> (дата звернення: 18.01.2026).
5. Riss D. Testing for Chlorides with Silver Nitrate. *Conserve O Gram*. 1993. Т. 3, № 6. С. 1–2. URL: https://www.nps.gov/subjects/museums/upload/06-03_508.pdf (дата звернення: 18.01.2026).

6. Ahmed S. Conservation Methods of Iron Artifacts Recovered from the Marine Environment : дис. ... PhD : ND 27883 / National Technical University of Athens. Афіни, 2011. 263 с. URL: <http://hdl.handle.net/10442/hedi/27883> (дата звернення: 21.02.2026).

7. Initial Processing of Archaeological Materials. *The Society for Historical Archaeology*. URL: <https://sha.org/initial-processing-of-archaeological-materials/> (дата звернення: 18.01.2026).

8. Rimmer B. Investigating the treatment of chloride-infested archaeological iron objects : дис. ... PhD : U585375 / Cardiff University. Кардіфф, 2010. 228 с. URL: <https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/54986/3/U585375-%20DEC%20PAGE%20REMOVED.pdf> (дата звернення: 22.02.2026).

9. Мінжулін О. І. Реставрація творів з металу : підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Спалах, 1998. 234 с.

10. Шарабан С. С., Омельник С. В., Легейда А. В. Деякі аспекти реставрації археологічної колекції заповідника. *Святогірський альманах* : збірка наукових праць. Донецьк. 2013. С. 75–84.

References

1. Government of Canada. (2018, Cherven 6). *How to Test for Chloride Ions in Iron Treatment Solutions Using Silver Nitrate – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 4/5*. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/test-chloride-ions-iron-treatment-silver-nitrate.html> [in English].

2. Gilberg, M. (1987). Friedrich Rathgen: the father of modern archaeological conservation. *Journal of the American Institute for Conservation*, 2, 105–120. <https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic26-02-004.html> [in English].

3. Lucas, A. (1932). *Antiques, their restoration and preservation*. E. Arnold & Co <https://wellcomecollection.org/works/hgnbyzme> [in English].

4. Jeffery, G. H., Basset, J., Mendham, J., & Denney, R. C. (1989). *Vogel's textbook of quantitative chemical analysis* (5th ed.) Longman Scientific & Technical <https://chem.hbcse.tifr.res.in/wp-content/uploads/2019/10/vogels-textbook-of-quantitative-chemical-analysis-5th-edition.pdf> [in English].

5. Riss, D. (1993). Testing for Chlorides with Silver Nitrate. *Conserve O Gram*, 6, 1–2. https://www.nps.gov/subjects/museums/upload/06-03_508.pdf [in English].

6. Ahmed, S. (2011). *Conservation methods of iron artifacts recovered from the marine environment* (Submitted for the fulfillment of the PhD degree). National Technical University of Athens, Athens <http://hdl.handle.net/10442/hedi/27883> [in English].

7. The Society for Historical Archaeology. (2006) *Initial Processing of Archaeological Materials*. <https://sha.org/initial-processing-of-archaeological-materials/> [in English].

8. Rimmer, B. (2010). *Investigating the treatment of chloride-infested archaeological iron objects* (Thesis submitted to Cardiff University in candidature for the degree of PhD). Cardiff University, Cardiff <https://orca.cardiff.ac.uk/id/eprint/54986/3/U585375-%20DEC%20PAGE%20REMOVED.pdf> [in English].

9. Minzhulin, O. (1998). *Restavratsiia tvoriv z metalu* [Restoration of metal objects]. Kyiv: Spalakh [in Ukrainian].

10. Sharaban S. S., Omelnyk S. V., & Leheida A. V. (2013). *Deiaki aspekty restavratsii arkheolohichnoi kolektsii zapovidnyka* [Some aspects of the restoration of the archaeological collection of the reserve], *Sviatohirskiy almanakh* [Svyatogorsk Almanac]. Donetsk [in Ukrainian].



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Дата першого надходження статті до видання: 21.01.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.04.2026