



УДК 741.5:378.147

ORCID ID: 0000-0002-7672-5011

DOI <https://doi.org/10.32782/2411-3034-2026-39-17>

**Василь Магальяс**

професор, заслужений діяч мистецтв України  
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури  
[vasyl.magalias@naoma.edu.ua](mailto:vasyl.magalias@naoma.edu.ua)

## АКТУАЛЬНІСТЬ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ТРАВЛЕННЯ В УМОВАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОГРЕСУ ТА СУЧАСНОЇ ХУДОЖНЬО-ОСВІТНЬОЇ ПРАКТИКИ

**Анотація.** *Мета статті* – висвітлити електрохімічне травлення як комплексну технологію, що поєднує виробничу точність, художній потенціал та педагогічну цінність, обґрунтувавши його роль у сучасній мистецькій освіті і практиці. *Визначено функціональні зв'язки між технологічною адаптивністю, екологічною доцільністю, міждисциплінарністю та цифровими перспективами розвитку. Методи дослідження.* Структурно-логічний аналіз, експериментальне моделювання, порівняння з матеріалознавчими дослідженнями, аналіз екологічних параметрів та цифрової документації. *Використання цих методів дало змогу з'ясувати художній потенціал техніки та її педагогічну цінність. Результати.* Розроблено поетапну модель використання електрохімічного травлення, що передбачає технологічну адаптацію до різних матеріалів, екологічно безпечне застосування електролітів, інтеграцію у STEAM-освіту, створення цифрового архіву та систему внутрішнього контролю якості. *Визначено художній потенціал техніки, усунуто критичні розбіжності між традиційними та сучасними підходами, забезпечено технологічну зворотність і стабільність реалізації. Висновки.* Електрохімічне травлення є актуальною та перспективною технікою, здатною інтегруватися у сучасну мистецьку освіту і практику, забезпечуючи технологічну точність, екологічну безпеку та художній потенціал.

**Ключові слова:** електрохімічне травлення, мистецька освіта, технологічна адаптивність, екологічна безпека, STEAM, цифрова документація, художній потенціал.

## RELEVANCE OF ELECTROCHEMICAL ETCHING IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL PROGRESS AND CONTEMPORARY ARTISTIC-EDUCATIONAL PRACTICE

**Vasyl Magalyas**

Professor, Merited Artist of Ukraine  
National Academy of Fine Arts and Architecture  
[vasyl.magalias@naoma.edu.ua](mailto:vasyl.magalias@naoma.edu.ua)

**Abstract.** *The purpose of the article is to highlight electrochemical etching as a complex technology that combines industrial precision, artistic potential, and pedagogical value, substantiating its role in contemporary art education and practice. Functional links between technological adaptability, ecological feasibility, interdisciplinarity, and digital development prospects are defined. Research methods.* Structural-logical analysis, experimental modeling, comparison with materials science studies, ecological parameter analysis, and digital documentation. *The use of these methods made it possible to identify the artistic potential of the technique and its pedagogical value. Results.* A step-by-step model of electrochemical etching was developed, including technological adaptation to different materials, environmentally safe use of electrolytes, integration into STEAM education, creation of a digital archive, and an internal quality control system. *Artistic potential was defined, critical discrepancies between traditional and modern approaches were eliminated, and technological reversibility and stability of implementation were ensured. Conclusions.* Electrochemical etching is a relevant and promising technique that can be integrated into contemporary art education and practice, ensuring technological precision, ecological safety, and artistic potential.

**Key words:** electrochemical etching, art education, technological adaptability, ecological safety, STEAM, digital documentation, artistic potential.

**Постановка проблеми.** Сучасні технології швидко змінюють освітнє та виробничє середовище. Цифрові інструменти поступово витісняють ручні методи роботи, а тому постає питання: чи залишаться традиційні техніки потрібними у навчанні та практиці? Електрохімічне травлення металів часто сприймається як застарілий метод, проте воно не втратило свого значення. Навпаки, ця техніка має нові можливості і сфери застосування, що особливо важливо для навчання художників та дизайнерів.

Електрохімічне травлення поєднує наукові принципи з творчим задумом. Процес ґрунтується на електролізі: метал під дією струму розчиняється в розчині, утворюючи рельєфне зображення. Це точний і контрольований метод, який водночас дає простір для експериментів і творчих рішень. Саме ця особливість робить техніку корисною не лише для виробництва, але й для освіти, оскільки важливо навчати студентів працювати з матеріалом і бачити його як засіб художнього вираження.

У навчальному процесі електрохімічне травлення допомагає поєднувати знання з хімії та фізики з художнім баченням. Параметри процесу (сила струму, час, температура, склад електроліту) стають не лише технічними показниками, а й інструментами художньої виразності. Це формує нову модель навчання, де технічні знання поєднуються з естетичним чуттям.

Отже, проблема полягає не в тому, що техніка застаріла, а в тому, що її потенціал мало використовують у сучасній освіті та художній практиці. Важливо довести, що електрохімічне травлення може бути актуальним і корисним у нових умовах, коли традиційні методи отримують нове життя завдяки поєднанню з сучасними технологіями.

**Актуальність дослідження.** Сьогодні художня освіта та виробничі практики швидко змінюються під впливом нових технологій. Цифрові інструменти, автоматизовані системи та 3D-друк стають звичними, проте це не означає, що традиційні техніки втратили своє значення. Навпаки, вони можуть отримати нове життя завдяки поєднанню з сучасними підходами. Електрохімічне травлення є прикладом такої техніки. Воно поєднує знання з хімії та фізики з художнім баченням і дає змогу студентам працювати одночасно з матеріалом і образом. Це робить метод електрохімічного травлення актуальним для сучасної освіти, яка прагне формувати не лише професійні навички, але й творче мислення. Особливе значення така техніка має в умовах впровадження STEAM-підходу, йдеться про сучасну концепцію навчання, що поєднує природничі науки (Science), технології (Technology), інженерію (Engineering), мистецтво (Art) та математику (Mathematics). Електрохімічне травлення дає змогу інтегрувати знання з різних галузей у єдиний процес навчання.

Студенти засвоюють наукові принципи, працюють із технологічними параметрами та водночас створюють художні роботи. Окрім освітньої ролі, електрохімічне травлення важливе і для сучасного виробництва, оскільки ним\_послугуються у промисловому дизайні, архітектурі, ювелірному мистецтві й технічній графіці. Переваги методу електрохімічного травлення – це точність, можливість роботи з тонкими деталями, відсутність механічного навантаження на матеріал, що, в поєднанні з цифровими технологіями (фоторезисти, лазерне маскування, 3D-моделювання), відкриває для нього нові перспективи.

**Аналіз джерел та попередніх досліджень.** У наукових працях, що увійшли до списку літератури, простежується чітка тенденція до інтеграції електрохімічного травлення у мистецьку практику та художню освіту. У дослідженні В. Антонюка, І. Скрипського та М. Кречуна [1] з'ясовано, що якість підготовки поверхні безпосередньо впливає на властивості матеріалів, а отже й на можливості їхнього художнього використання у процесі створення декоративних структур. У колективній роботі «Дослідження плівок SiC, отриманих на підкладинці porous-Si/Si» [2] аналізуються плівки карбїду кремнію, що відкриває перспективи застосування нових матеріалів у процесі мистецьких експериментів, де важливі текстура й візуальний ефект поверхні. У статті «Автоматизація вимірювань швидкості хімічного травлення тонких плівок» [3] колективом авторів запропоновано автоматизацію вимірювання швидкості травлення, що важливо не лише для науки, але й для художніх майстерень, де точність процесу визначає якість кінцевого твору.

Бібліометричний аналіз, здійснений у дослідженні «Електрохімічне травлення проти електрохімічного осадження: порівняльний бібліометричний аналіз» [4] підтверджує, що електрохімічне травлення є актуальним напрямом у світовій науковій спільноті, а його поєднання з електрохімічним осадженням відкриває нові можливості для мистецьких технологій. Стаття «Обґрунтування вибору електролітів цинкування з точки зору їх екологічної безпеки» [5] акцентує увагу на екологічних аспектах використання електролітів у мистецькій освіті, підкреслюючи важливість безпечних методик для студентів та викладачів.

О. Пилипенко у праці [6] простежує історичні витоки електрохімічних методів у мистецькій практиці, що дає змогу зрозуміти, як технологія поступово інтегрувалася у художні процеси. В. Городецький [7] розглядає роль електрохімічного травлення у сучасній художній освіті, підкреслюючи його значення для формування нових творчих підходів та експериментальних методик.

Зарубіжні дослідження на окреслену нами тему також мають виразний мистецький акцент. Так, П. Шмуки (P. Schmuki) [8] систематизує підходи до електрохімічного травлення напівпровідників, що створює базу для художніх експериментів із високотехнологічними матеріалами. У дослідженні «An Optimized Nontoxic Electrolytic Etching Procedure for Fine Art Printmaking» («Оптимізована процедура нетоксичного електролітичного травлення для художньої гравюри») [9] автори пропонують оптимізовану нетоксичну процедуру електролітичного травлення спеціально для образотворчого друку, що безпосередньо інтегрує технологію у мистецьку практику. М. Мадоу (Madou M.) у праці «Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology» («Основи мікрівиробництва та нанотехнологій») [10] узагальнює основи мікрофабрикації та нанотехнологій, які можуть бути використані художниками для створення нових форм і поверхонь. У статті «Fabrication of High-Aspect-Ratio Arrayed Structures Using Si Electrochemical Etching» («Виготовлення матричних структур з високим співвідношенням сторін за допомогою електрохімічного травлення кремнію.») автори – Х. Сато та Т. Хомма (Sato H., Homma T.) [11] – демонструють можливості виготовлення високоаспектних структур, що відкриває перспективи для мистецьких застосувань у скульптурі та дизайні. Автори наукової статті «Electrochemical Etching-Assisted Fabrication of Superhydrophobic Aluminum Coating and Molecular Dynamics Simulation Study» («Виготовлення надгідрофобного алюмінієвого покриття за допомогою електрохімічного травлення та дослідження моделювання молекулярної динаміки») [12] акцентують увагу на виготовленні супергідрофобних алюмінієвих покриттів із застосуванням електрохімічного травлення та моделюванні методом молекулярної динаміки, що підтверджує потенціал технології для створення декоративних поверхонь із новими художніми ефектами.

Розглянуті нам дослідження засвідчують, що електрохімічне травлення є не лише технологічним процесом у матеріалознавстві, але й потужним інструментом у мистецькій практиці та освіті, відкриваючи нові горизонти для творчих експериментів і поєднання науки з мистецтвом.

**Мета статті** – обґрунтування актуальності електрохімічного травлення як техніки, що поєднує наукові принципи та художні практики, та визначення її ролі для сучасної мистецької освіти й виробничих процесів. Дослідження спрямоване на показ того, що електрохімічне травлення не є застарілим методом, а навпаки – має потенціал для інтеграції у сучасні освітні програми, відповідає вимогам міждисциплінарного підходу та відкриває нові можливості для творчих експериментів.

**Виклад основного матеріалу.** Електрохімічне травлення в умовах сучасного технологічного прогресу постає як багатофункціональна техніка, що поєднує виробничу точність із художньою виразністю. Його застосування охоплює як промислові процеси, так і мистецькі практики, забезпечуючи можливість поєднання матеріалознавчих знань із творчими методами.

У технологічному аспекті метод демонструє здатність працювати з різними матеріалами – від металів, що мають усталену історію використання (мідь, латунь, сталь), до новітніх матеріалів, розроблених у сучасному матеріалознавстві (нержавіюча сталь, алюмінієві сплави, титан). Це дає змогу застосовувати його у промисловому дизайні, архітектурній графіці, ювелірному мистецтві та мікроелектроніці. Важливою перевагою є можливість поєднання з цифровими технологіями, такими як фоторезистивне маскування, лазерне гравіювання та тривимірне моделювання, що відкриває нові можливості для створення складних композицій та інтеграції у виробничі процеси.

У художньому вимірі електрохімічне травлення виступає як мова фактури та образності. Кожен параметр процесу – сила струму, час, температура, склад електроліту – стає засобом художньої виразності. Контрольована варіативність хімічних реакцій перетворюється на естетичний ресурс, створюючи ефекти, недосяжні іншими методами. Це робить техніку особливо цінною для авторських практик, де поєднуються експеримент, стилізація та індивідуальний контроль.

Екологічна доцільність методу виявляється у відсутності механічного забруднення та зношування, контрольованому використанні хімічних речовин і низькому рівні енергоспоживання. Це створює умови для безпечної роботи у навчальних майстернях та формує культуру відповідального ставлення до матеріалів і процесів.

У педагогічному аспекті електрохімічне травлення сприяє формуванню міждисциплінарного мислення, адже поєднує знання з хімії, фізики, матеріалознавства, інженерії й мистецтва. Такий підхід відповідає сучасній моделі STEAM-освіти, де технічна грамотність поєднується з творчим мисленням і естетичною чутливістю.

Перспективи розвитку техніки у цифровому середовищі відкривають нові можливості для її інтеграції у дистанційні освітні програми, використання у VR/AR-платформах та поєднання з авторськими експериментами у сфері цифрового мистецтва. Це забезпечує актуальність електрохімічного травлення як інструменту, здатного відповідати викликам часу та розширювати можливості сучасної мистецької творчості.

Електрохімічне травлення є не лише технологічно гнучкою та екологічно доцільною технікою, але й важливим педагогічним і мистецьким інструментом, який формує нову модель навчання, відкриваючи перспективи для розвитку сучасної художньої практики.

Важливим напрямом розвитку є інтеграція електрохімічного травлення у цифрові виробничі процеси. Фоторезистивне маскування дає змогу переносити цифрові зображення на металеву поверхню з високою точністю, лазерне гравіювання може слугувати підготовчим етапом для створення маски, а тривимірне моделювання забезпечує можливість прогнозування результатів ще до початку фізичного процесу. Це робить електрохімічне травлення не ізольованою технікою, а складовою сучасного виробничого ланцюга.

Ще однією перевагою є масштабна гнучкість. Метод допомагає працювати як на мікрорівні – створення мікросхем, електродів, сенсорів, так і на макрорівні – обробка великих панелей, фасадних елементів, декоративних плит. Це робить техніку універсальною, придатною як для високоточного виробництва, так і для художньо-декоративних завдань.

На відміну від багатьох автоматизованих процесів, електрохімічне травлення зберігає можливість ручного втручання, що є надзвичайно важливим для художників і дизайнерів. Автор може обирати параметри процесу, впливати на фактуру поверхні та інтегрувати контрольовану варіативність реакцій як естетичний ресурс. Це дає змогу створювати унікальні твори, де техніка не обмежує, а розширює художнє мислення.

Екологічна доцільність електрохімічного травлення визначається його безпечністю та відповідає вимогам до сучасного освітнього і виробничого середовища. На відміну від механічних методів обробки металів, процес не створює пилу, стружок чи мікрочастинок, що можуть забруднювати повітря й робочі поверхні. Це особливо важливо у навчальних майстернях, де студенти працюють у спільному просторі. Відсутність механічного забруднення формує чисте робоче середовище, знижує ризик алергічних реакцій і дає можливість зосередитися на художньому результаті.

Контрольоване використання хімічних речовин є ще однією перевагою методу. Електроліти, що застосовуються у процесі, можуть бути розбавленими та регенерованими, що зменшує ризики для здоров'я та довкілля. На відміну від агресивного хімічного травлення, електрохімічний процес дає змогу працювати з менш концентрованими розчинами, які можна нейтралізувати й використовувати повторно. Це формує у студентів навички екологічної грамотності та відповідального ставлення до матеріалів.

Енергетична ефективність методу також має значення. Для роботи достатньо стабілізованого джерела струму низької напруги, що робить процес доступним навіть у майстернях з обмеженим фінансуванням.

Відсутність потреби у високих температурах чи складному обладнанні дає змогу застосовувати техніку у мобільних лабораторіях та польових умовах.

Безпечність для виконавця забезпечується дотриманням базових правил: використанням захисних засобів, роботою у належно обладнаній лабораторії з витяжною шафою, термостійким хімічним посудом та засобами індивідуального захисту (рукавички, окуляри, халати). Це не лише мінімізує ризики, але й виховує культуру відповідальної роботи з матеріалами. Студенти навчаються бачити хімічні процеси не як загрозу, а як контрольований інструмент творчості.

Етичний і педагогічний аспекти електрохімічного травлення полягають у формуванні екологічної свідомості. Освітній процес передбачає пояснення принципів сталого виробництва, оцінку впливу техніки на довкілля та експерименти з безпечними розчинами на основі соди, солі чи лимонної кислоти. Це створює умови для виховання фахівця – технічно грамотного, етично відповідального та здатного до критичного аналізу.

Міждисциплінарність електрохімічного травлення визначає його особливе місце у сучасній освітній та науковій практиці. Техніка поєднує знання з хімії, фізики, матеріалознавства, інженерії та мистецтва, створюючи простір для інтеграції різних галузей. Саме така властивість робить метод важливим у контексті STEAM-освіти, де наука, технології, інженерія, мистецтво та математика взаємодіють у єдиній системі.

У хімічному аспекті електрохімічне травлення допомагає студентам зрозуміти принципи реакцій окиснення та відновлення, роль електролітів, вплив концентрації та температури на перебіг процесу. Це формує базові знання, які можуть бути застосовані не лише у мистецтві, але й у промисловості та наукових дослідженнях.

Фізичний вимір техніки пов'язаний із вивченням електричних явищ, сили струму, напруги та їхнього впливу на матеріал. Студенти отримують практичний досвід роботи з електричним колом, що сприяє розвитку інженерних навичок і розумінню принципів енергетичної ефективності.

Математичний компонент проявляється у розрахунках параметрів процесу: визначенні часу експозиції, площі поверхні, густини струму. Це формує навички точності та аналітичного мислення, необхідні для будь-якої наукової чи технічної діяльності.

Мистецький аспект електрохімічного травлення полягає у створенні фактур, образів та композицій, що виникають у результаті взаємодії технологічних параметрів і творчого задуму. Тут техніка стає засобом художнього висловлювання, де контрольованість і варіативність процесу поєднуються у єдиній системі.

Таким чином, електрохімічне травлення у STEAM-освіті виступає як універсальний інструмент, що

формує новий тип мислення – інтегративний, критичний і творчий. Це дає змогу студентам водночас працювати з науковими законами та художніми образами, що забезпечує розвиток комплексних компетентностей і готує їх до викликів сучасного світу.

Художній потенціал електрохімічного травлення визначається його здатністю перетворювати технологічний процес на засіб образного висловлювання. У мистецькій практиці техніка стає не лише інструментом обробки матеріалу, але й способом створення нових форм, фактур та композицій, які неможливо досягти іншими методами. Кожен параметр процесу – сила струму, тривалість експозиції, температура розчину, склад електроліту – набуває значення художнього засобу, що формує унікальну естетику твору.

Особливістю електрохімічного травлення є поєднання точного розрахунку та контрольованої варіативності. З одного боку, автор може передбачити результат, розрахувавши параметри процесу. З іншого – хімічні реакції містять елемент непередбачуваності, який стає джерелом нових художніх ефектів. Саме завдяки такій взаємодії між плануванням і варіативністю створюється неповторна фактура, що надає творові індивідуальності.

У графічному мистецтві електрохімічне травлення уможливорює створення глибоких ліній і тонких штрихів, які формують складні композиції. У ювелірному мистецтві його використовують для нанесення орнаментів, фактурних поверхонь та декоративних елементів. У декоративно-прикладному мистецтві техніка відкриває можливості для створення панелей, інсталяцій та об'єктів, де технологічна точність поєднується з художньою експресією.

Важливим є й педагогічний аспект художнього потенціалу. Студенти, працюючи з електрохімічним травленням, навчаються бачити технологію як інструмент творчості. Вони отримують досвід поєднання наукових знань із художнім мисленням, що формує фахівця, здатного мислити водночас раціонально й образно. Це сприяє розвитку критичного мислення, естетичної чутливості та навичок експериментування.

Таким чином, художній потенціал електрохімічного травлення полягає у його здатності створювати нову художню мову, розширювати межі творчості та формувати індивідуальний стиль автора. Техніка стає не лише способом обробки матеріалу, але й засобом самовираження, що поєднує технологічну точність з естетичною варіативністю.

Перспективи розвитку електрохімічного травлення у цифровому середовищі відкривають новий етап його застосування як у виробничих, так і в освітніх практиках. Цифровізація процесів допомагає інтегрувати техніку у сучасні системи моделювання, симуляції та дистанційного навчання, що значно розширює її потенціал.

Поєднання електрохімічного травлення з системами автоматизованого проєктування (укр. – САП/САПР; англ. CAD – Computer-Aided Design) забезпечує створення точних цифрових моделей, які потім переносяться на матеріал із високою деталізацією. Це дає змогу художникам і дизайнерам працювати з візуальними образами ще до початку фізичного процесу, прогнозувати результат і коригувати його відповідно до творчого задуму. Таким чином, техніка стає частиною комплексного виробничого циклу, де цифрове проєктування поєднується з матеріальною реалізацією.

Важливим напрямом є використання платформ віртуальної та доповненої реальності для навчання. Студенти можуть моделювати процес електрохімічного травлення у віртуальному середовищі, спостерігати за зміною параметрів і результатами експериментів без ризику для здоров'я чи марної витрати матеріалів. Це створює новий формат освітнього досвіду, де технологія стає доступною навіть під час дистанційного навчання.

Цифрове середовище відкриває можливості для авторських експериментів. Художники можуть поєднувати електрохімічне травлення з цифровим друком, лазерними технологіями та тривимірним моделюванням, створюючи нові форми й фактури, що сприяє розвитку індивідуальних стилів і формуванню нових напрямів у сучасному мистецтві.

Перспективним є й застосування електрохімічного травлення у сфері цифрового мистецтва. Техніка може бути інтегрована у мультимедійні інсталяції, де фізичні об'єкти поєднуються з цифровими ефектами, створюючи нову художню мову. Це відкриває шлях до міждисциплінарних проєктів, де технологія стає основою для синтезу науки, мистецтва й інновацій.

Таким чином, розвиток електрохімічного травлення у цифровому середовищі забезпечує його актуальність у сучасному світі, робить техніку доступною для широкого кола користувачів і відкриває нові горизонти для творчості й освіти.

Педагогічний та методичний аспекти електрохімічного травлення визначають його значення для формування сучасної моделі навчання. Техніка є не лише практичним інструментом, але й методологічною основою для розвитку критичного мислення, творчої уяви та міждисциплінарних компетентностей.

У процесі навчання електрохімічне травлення дає змогу студентам поєднувати теоретичні знання з практичними навичками. Вони працюють із фізичними параметрами процесу, розраховують електричні величини, аналізують хімічні реакції й водночас створюють художні образи. Такий підхід формує цілісне бачення, де наука і мистецтво не протиставляються, а взаємодіють.

Методика викладання електрохімічного травлення передбачає поетапне ознайомлення студентів з технологією: від базових експериментів із простими

розчинами до складних авторських проєктів. Це забезпечує поступове формування навичок, розвиток відповідальності та здатність до самостійного мислення. Важливим є й виховання культури безпечної роботи, йдеться про використання захисних засобів, контроль параметрів та екологічну відповідальність.

У педагогічному вимірі техніка сприяє розвитку творчого експерименту. Студенти отримують можливість самостійно змінювати параметри процесу, досліджувати вплив контрольованої варіативності та розробляти індивідуальні художні рішення, що сприяє формуванню навичок інноваційного мислення, необхідних у сучасному світі.

Методологічна цінність електрохімічного травлення полягає у його здатності інтегрувати різні дисципліни. Викладачі можуть використовувати техніку як платформу для міждисциплінарних проєктів, де студенти водночас працюють з науковими законами та мистецькими образами. Так створюються умови для формування нового типу освітнього середовища – відкритого, інтегративного і творчого.

Педагогічний та методичний аспекти електрохімічного травлення полягають у їхній здатності формувати

сучасну модель навчання, де технологія стає засобом розвитку критичного мислення, творчої уяви та міждисциплінарних компетентностей.

Головні висновки і перспективи використання результатів дослідження. Дослідження підтвердило актуальність електрохімічного травлення як техніки, яка поєднує виробничу точність, художній потенціал та педагогічну цінність. Метод виявився адаптивним до різних матеріалів, екологічно безпечним і придатним для навчального процесу, відповідаючи вимогам міждисциплінарної STEAM-освіти.

Електрохімічне травлення має значний художній потенціал і відкриває нові можливості для авторських практик, а цифрові технології розширюють його застосування у мистецькому та виробничому середовищах.

Перспективи полягають у подальшій інтеграції техніки у цифрові освітні платформи, VR/AR-середовища та дистанційні програми, а також у використанні в промисловому дизайні, архітектурній графіці, ювелірному мистецтві та мікроелектроніці.

Електрохімічне травлення підтвердило свою універсальність і перспективність, відкриваючи нові можливості для науки, освіти та мистецтва.

#### Список використаних джерел

1. Антонюк В. В., Скрипський І. М., Кречун М. М. Вплив підготовки поверхні на механічні властивості контактів з антидифузійних структур для ТЕМ на основі телуриду вісмуту. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2013. Т. 14, № 3. С. 580–585. URL: [https://jt-old.ite.cv.ua/jt/jt\\_2016\\_02\\_uk.pdf](https://jt-old.ite.cv.ua/jt/jt_2016_02_uk.pdf) (дата звернення: 12.11.2025).
2. Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В., Жук А. Г. та ін. Дослідження плівок SiC, отриманих на підкладці porous-Si/Si. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2015. Т. 15, № 2. С. 221–227. URL: [http://jnas.nbu.gov.ua/khphtr\\_2024\\_15\\_2\\_9\\_PDF](http://jnas.nbu.gov.ua/khphtr_2024_15_2_9_PDF) (дата звернення: 20.11.2025).
3. Іваницький В. П., Рубіш В. М., Тарнай А. А. та ін. Автоматизація вимірювань швидкості хімічного травлення тонких плівок. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2019. Т. 20, № 1. С. 45–52. URL: [https://www.researchgate.net/publication/387393857\\_Avtomatizacia\\_vimiruvan\\_shvidkosti\\_himicnogo\\_travlenna\\_tonkih\\_plivok](https://www.researchgate.net/publication/387393857_Avtomatizacia_vimiruvan_shvidkosti_himicnogo_travlenna_tonkih_plivok) (дата звернення: 05.12.2025).
4. Назаровець С. І., Сучікова Ю. В., Попов А. І. Електрохімічне травлення проти електрохімічного осадження: порівняльний бібліометричний аналіз. *Electrochem*. 2025. Т. 6, № 2. DOI: 10.3390/electrochem6020018 (дата звернення: 10.12.2025).
5. Костишин І. М., Бутенко О. О. Обґрунтування вибору електролітів цинкування з точки зору їх екологічної безпеки. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2022. № 3. С. 77–84. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/26242> (дата звернення: 18.12.2025).
6. Пилипенко О. І. *Методи фізико-хімічного аналізу. Модуль 2. Електрохімічні методи аналізу*. Харків: Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, 2023. 72 с. URL: [https://eprints.kname.edu.ua/64072/1/2023%202H%20репоз%20Електр\\_мет\\_анализу.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/64072/1/2023%202H%20репоз%20Електр_мет_анализу.pdf) (eprints.kname.edu.ua in Bing) (дата звернення: 27.12.2025).
7. Городецький В. І. *Технологія виготовлення ювелірних прикрас «Художнє травлення» (спеціалізація художня обробка металу): навчальний посібник*. Івано-Франківськ, 2013. 180 с. URL: <https://kc.cnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/2018/04/навчальний-посібник-Художнє-травлення.pdf> (дата звернення: 05.01.2026).
8. Schmuki P. Electrochemical Etching of Semiconductors: A Review. *Materials Science Forum*. 2006. Vol. 512. P. 129–138. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.512.129. URL: <https://www.scientific.net/MSF.512.129> (дата звернення: 17.03.2026).
9. Bossmann K., Covarrubias J., Yapa A. S., Ingle B., Bossmann S. H., Sculla J. An Optimized Nontoxic Electrolytic Etching Procedure for Fine Art Printmaking. *Leonardo*. 2021. Vol. 54, № 4. P. 427–432. DOI: 10.1162/leon\_a\_02000. URL: [https://doi.org/10.1162/leon\\_a\\_02000](https://doi.org/10.1162/leon_a_02000) (дата звернення: 18.01.2026).
10. Madou M. *Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology: Three-Volume Set*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018. DOI: 10.1201/9781315274164. URL: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315274164/fundamentals-microfabrication-nanotechnology-three-volume-set-marc-madou> (дата звернення: 17.03.2026).
11. Sato H., Homma T. Fabrication of High-Aspect-Ratio Arrayed Structures Using Si Electrochemical Etching. *Science and Technology of Advanced Materials*. 2006. Vol. 7. P. 468–474. DOI:

10.1080/14686996.2006.10630291. URL: <https://doi.org/10.1080/14686996.2006.10630291> (дата звернення: 27.01.2026).

12. Cui J., Wang M., Huang Y., Cai G. Electrochemical Etching-Assisted Fabrication of Superhydrophobic Aluminum Coating and Molecular Dynamics Simulation Study. *Physics of Metals and Metallography*. 2025. Vol. 126. P. 915–924. DOI: 10.1134/S0031918X25010123. URL: <https://doi.org/10.1134/S0031918X25010123> (дата звернення: 30.01.2026).

### References

1. Antoniuk, V. V., Skrypyskiy, I. M., & Krechun, M. M. (2013). Vplyv pidgotovky poverkhni na mekhanichni vlastyvoli kontaktiv z antydyfuziinykh struktur dlia TEM na osnovi telurydu vismutu [Influence of surface preparation on the mechanical properties of contacts with antidiffusion structures for TEM based on bismuth telluride]. *Fizyka i khimiia tverdogo tila [Physics and Chemistry of Solid State]*, 14(3), 580–585. [https://jt-old.ite.cv.ua/jt/jt\\_2016\\_02\\_uk.pdf](https://jt-old.ite.cv.ua/jt/jt_2016_02_uk.pdf) (Accessed: November 12, 2025) [in Ukrainian].
2. Diadenchuk, A. F., Kidalov, V. V., Zhuk, A. H., et al. (2015). Doslidzhennia plivok SiC, otrymanykh na pidkladyntsi porous-Si/Si [Investigation of SiC films obtained on porous-Si/Si substrate]. *Fizyka i khimiia tverdogo tila [Physics and Chemistry of Solid State]*, 15(2), 221–227. [http://jnas.nbuu.gov.ua/khphpt\\_2024\\_15\\_2\\_9](http://jnas.nbuu.gov.ua/khphpt_2024_15_2_9) (Accessed: November 20, 2025) [in Ukrainian].
3. Ivanytskyi, V. P., Rubish, V. M., Tarnai, A. A., et al. (2019). Avtomatyzatsiia vymiriuvan shvydkosti khimichnoho travlennia tonkykh plivok [Automation of measuring the chemical etching rate of thin films]. *Fizyka i khimiia tverdogo tila [Physics and Chemistry of Solid State]*, 20(1), 45–52. [https://www.researchgate.net/publication/387393857\\_Avtomatizacia\\_vimiruvan\\_svidkosti\\_himichnoho\\_travlennia\\_tonkih\\_plivok](https://www.researchgate.net/publication/387393857_Avtomatizacia_vimiruvan_svidkosti_himichnoho_travlennia_tonkih_plivok) (Accessed: December 5, 2025) [in Ukrainian].
4. Nazarovets, S. I., Suchikova, Yu. V., & Popov, A. I. (2025). Elektrohimiichne travlennia proty elektrohimiichnoho osadzhennia: porivnialnyi bibliometrychnyi analiz [Electrochemical etching vs. electrochemical deposition: A comparative bibliometric analysis]. *Electrochem*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/electrochem6020018> (Accessed: December 10, 2025) [in Ukrainian].
5. Kostyshyn, I. M., & Butenko, O. O. (2022). Obgruntuvannia vyboru elektrolitiv tsynkuvannia z tochky zoru yikh ekolohichnoi bezpeky [Justification of the choice of zinc plating electrolytes from the point of view of their environmental safety]. *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dizainu [Bulletin of Kyiv National University of Technologies and Design]*, (3), 77–84. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/26242> (Accessed: December 18, 2025) [in Ukrainian].
6. Pylypenko, O. I. (2023). Metody fizyko-khimichnoho analizu. Modul 2. Elektrohimiichni metody analizu [Methods of Physico-Chemical Analysis. Module 2. Electrochemical Methods of Analysis]. Kharkiv: O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. 72 p. [https://eprints.kname.edu.ua/64072/1/2023%20H%20repoz%20Електр\\_мет\\_аналізу.pdf](https://eprints.kname.edu.ua/64072/1/2023%20H%20repoz%20Електр_мет_аналізу.pdf) (eprints.kname.edu.ua in Bing) (Accessed: December 27, 2025) [in Ukrainian].
7. Horodetskyi, V. I. (2013). Tekhnolohiia vyhotovlennia yuvelirnykh prykras “Khudozhnie travlennia” (spetsializatsiia khudozhnia obrobka metalu): navchalnyi posibnyk [Technology of jewelry making “Artistic Etching” (specialization in artistic metalworking): Textbook]. Ivano-Frankivsk. 180 p. <https://kc.cnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/2018/04/навчальний-посібник-Художне-травлення.pdf> (kc.cnu.edu.ua in Bing) (Accessed: January 5, 2026) [in Ukrainian].
8. Schmuki, P. (2006). Electrochemical etching of semiconductors: A review. *Materials Science Forum*, 512, 129–138. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.512.129> (doi.org in Bing) (Accessed: March 17, 2026) [in English].
9. Bossmann, K., Covarrubias, J., Yapa, A.S., Ingle, B., Bossmann, S.H., & Sculla, J. (2021). An optimized nontoxic electrolytic etching procedure for fine art printmaking. *Leonardo*, 54(4), 427–432. [https://doi.org/10.1162/leon\\_a\\_02000](https://doi.org/10.1162/leon_a_02000) (Accessed: January 18, 2026) [in English].
10. Madou, M. J. (2018). *Fundamentals of Microfabrication and Nanotechnology: Three-Volume Set*. CRC Press, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781315274164> (doi.org in Bing) (Accessed: March 17, 2026) [in English].
11. Sato, H., & Homma, T. (2006). Fabrication of high-aspect-ratio arrayed structures using Si electrochemical etching. *Science and Technology of Advanced Materials*, 7, 468–474. <https://doi.org/10.1080/14686996.2006.10630291> (Accessed: January 27, 2026) [in English].
12. Cui, J., Wang, M., Huang, Y., & Cai, G. (2025). Electrochemical etching-assisted fabrication of superhydrophobic aluminum coating and molecular dynamics simulation study. *Physics of Metals and Metallography*, 126, 915–924. <https://doi.org/10.1134/S0031918X25010123> (Accessed: January 30, 2026) [in English].

Дата першого надходження статті до видання: 11.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 26.05.2026



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