

НАНОАРТ ТА МЕТАЛУРГІЯ: ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОБРОБЦІ МІКРО-ТА МАКРОСТРУКТУР ЧОРНИХ ТА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

В статті акцентується увага на актуальності використання інформаційних технологій в освітньому процесі в закладах вищої освіти (ЗВО). Зазначено, що використання сучасних інтернет-технологій в освітньому процесі дають наступні можливості: автоматизувати процес навчання (систематизувати навчальні матеріали і дозволити виконувати завдання максимально швидко і легко); підвищити рівень знань здобувачів вищої освіти і якість викладання в ЗВО; можливість онлайн-навчання (або дистанційного навчання). Зауважено, що важливим для освітнього процесу при дистанційному навчанні стає пошук нових альтернативних практичних та лабораторних робіт, що зможуть поєднати в собі теоретичні та практичні складові за спеціальністю. Так безпосередньо під час дистанційного навчання в Запорізькому національному університеті для опанування сучасних інформаційно-комунікативних технологій, розкриття наукового і творчого потенціалу пропонується здобувачам вищої освіти за спеціальністю G10 «Металургія» виконання наукової роботи «НаноАрт і металургія».

Зазначена наукова робота є поєднанням науки і мистецтва через дослідження мікро-та макроструктур чорних та кольорових металів і сплавів, а також сприяє розвитку творчих здібностей і популяризації українського мистецтва. Ґрунтуючись на досвіді вчених різних країн світу зі створення зображень НаноАрт в даній статті запропоновано за допомогою графічних редакторів Adobe Photoshop CS та Paint 3D створення власних зображень НаноАрт. Наведено поетапний механізм створення зображення НаноАрт та показано, що кожне зображення НаноАрт має свою назву, щось символізує і залишається творчим підходом автора НаноАрт.

Підсумовуючи, слід наголосити на важливості створення зображень НаноАрт як демонстрації глядачеві можливостей техніки зі створення мікроскопічних арт-об'єктів. Під час поєднання мистецтва та металургії у вигляді зображень НаноАрт створюються унікальні картини, які демонструють красу науки та її творчий потенціал.

Ключові слова. *НаноАрт, інформаційні технології, метали і сплави, мікроструктура, макроструктура, наноструктура.*

Постановка проблеми. На сьогодні одним із важливих напрямків розвитку інформатизації освіти є нові комп'ютерні технології, перевагами яких є інтерактивність, інтенсифікація процесу навчання, зворотний зв'язок [1]. Нові інформаційні освітні технології на основі комп'ютерних засобів дозволяють значно підвищити ефективність навчання [2]. Найбільшого практичного застосування інформаційні технології отримали в процесі онлайн-освіти, дозволяючи візуалізувати складні поняття, моделювати процеси, використовувати інтерактивні завдання та тести, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу [3], підвищенню рівня знань здобувачів вищої освіти і якості викладання в ЗВО [4]. Також однією з позитивних сторін застосування інформаційних систем в освітньому процесі є можливість обробляти велику кількість інформації в режимі реального часу та отримувати доступ до неї майже з будь-якого місця через бази даних [5]. При впровадженні онлайн-освіти виникає проблема у представленні навчального контенту, який буде враховувати загально-світові тенденції, що спрямовані на гнучкість та доступність освіти [6]. Розумні технології, такі як штучний інтелект

(ШІ), цифрові двійники, віртуальна та доповнена реальність, дозволяють оптимізувати освітній процес, підвищити його ефективність і зменшити затрати часу на навчання завдяки новому етапу автоматизації [7]. Серед найкращих платформ та інструментів штучного інтелекту (ШІ) слід виділити: Stable Diffusion, ComfyUI, Invoke AI, Whisper AI, DeepFaceLab, Coqui-ai, Obabooga [8], ChatGPT, Rytr, Ideogram AI, AutoDraw, Plus AI [9] та інші.

Саме тому актуальним стає пошук нових альтернативних практичних та лабораторних робіт, що зможуть поєднати в собі теоретичні та практичні складові за спеціальністю і застосовуватися під час дистанційного навчання. При формуванні у здобувачів вищої освіти навичок самостійної наукової діяльності та в межах студентських наукових гуртків доцільним є організація їх самостійної роботи завдяки застосуванню сучасних інформаційно-комунікативних технологій.

Так безпосередньо в Запорізькому національному університеті з метою розповсюдження та популяризації наукових знань у студентському середовищі, розвитку наукового мислення і творчого підходу до виконання теоретичних і прикладних проблем для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G10 (136) «Металургія» функціонує студентська наукова проблемна група «Сучасні технології підвищення ефективності виплавки та обробки чорних металів та сплавів» [10, 11], в межах якої здобувачі опановують сучасні інформативно-комунікативні технології, розкриваючи свій науковий і творчий потенціал. В межах роботи студентської наукової проблемної групи виконуються роботи, присвячені використанню інформаційних технологій при обробці мікро- та макроструктур чорних та кольорових металів і сплавів. Поєднання теоретичних та практичних знань з основ матеріалознавства і металургії, а також творчий підхід до вирішення поставленої задачі дав змогу зародженню наукової роботи за темою «НаноАрт і металургія».

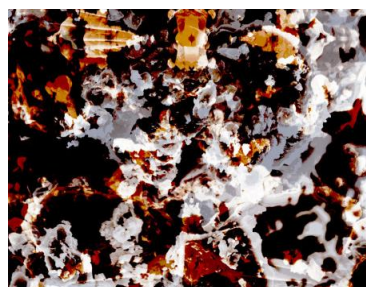
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Засновником НаноАрт вважається румунський митець і науковець Кріс Орфеску. Він маніпулює хімікатами та створює наноскульптури, які потім роздуває у великі твори мистецтва за допомогою скануючого електронного мікроскопа (рис. 1) [12, 13].

Також відомі роботи S.K. Hark з Китайського університету Гонконгу: НаноАрт «Гірський пейзаж», створений на прикладі наночастини оксиду цинку (рис. 2а) та НаноАрт «Сонячники», створений на прикладі нанотрубок розміром у кілька мікронів, які вирощені на галієвій та золотій підкладці (рис. 2б) [14].

Не обішли увагою і роботи науковців з Ізраїлю. Зокрема відомі людству зображення наночастинок Cu_2S , отримане за допомогою скануючого електронного мікроскопа Magellan XHR (рис. 3а), скануюче зображення хіральних мікросфер полі(N-вініл α -L-фенілаланіну) (PV-L-PhA) на кристалах D-Ala (рис. 3б) та 3D-математично оброблене уявлення монохроматичних дифракційних картин від нанометричних шарів золотих плям на тонкій комбінаторній плівці повністю оксидного сонячного елемента, що складається з TiO_2 | Co_3O_4 - ZrO_2 / Y_2O_3 (рис. 3 в) [15].



а



б

Рисунок 1 – НаноАрт науковця Кріс Орфеску [12]: а – НаноАрт «NanoWing»; б – НаноАрт «Inferno – Dante Alighieri, In Memoriam»

Металургія

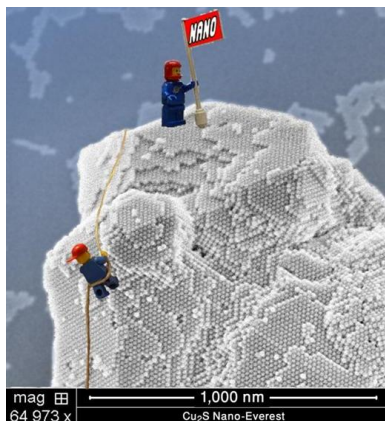


а

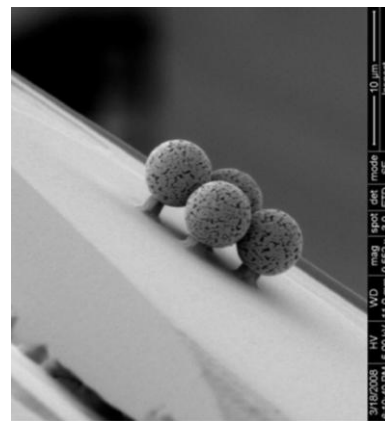


б

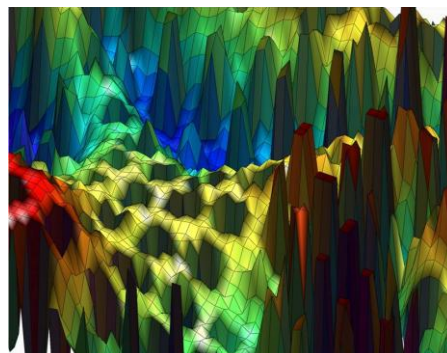
Рисунок 2 – НаноАрт науковця S.K. Hark (Китай) [14]: а – НаноАрт «Гірський пейзаж»; б – НаноАрт «Сонячники»



а



б



в

Рисунок 3 – Приклади НаноАрт науковців з Ізраїлю [15]: а – НаноАрт авторів Кеті Винокуров, Йорай Аміт, Адам Фауст із дослідницької групи професора Урі Баніна на хімічному факультеті Єврейського університету в Єрусалимі; б – НаноАрт авторів Дженні Голдштейн та Дана Д. Медіна із лабораторії С. Маргеля та Й. Масаї Інституту нанотехнологій та перспективних матеріалів хімічного факультету Університету Бар-Ілан; в – НаноАрт автора Ассаф Й. Андерсон з Університету Бар-Ілан

Науковий інтерес представляє міжнародний конкурс «Наука як мистецтво», що проводиться Товариством дослідження матеріалів (Materials Research Society) [16] та дає змогу людству побачити фотографії мікро- та наноструктур матеріалів.

Так безпосередньо НаноАрт «Прогулянка країною чудес Вольфраму» створений на основі наноструктури кристалів карбиду вольфраму (рис. 4а) [17]. НаноАрт «Наноквіти оксиду цинку» створений на основі наноструктури оксиду цинку (рис. 4б) [18]. На полотні, залитому місячним світлом, зображено багатошаровий карбід титану MXene, візуалізований у

Металургія

вигляді золотого лебедя. Двовимірні (2D) шари $Ti_3C_2TxMXene$ були сформовані шляхом селективного травлення шарів Al з фази Ti_3AlC_2MAX плавикової кислотою (рис. 4в) [19]. За допомогою анізотропного травлення кристала алмазу мікроскопічними каплями розплавленого нікелю (на зображенні – червоного кольору), отриманими з нанесеної на поверхню алмазу плівки товщиною 100 нанометрів можна побачити НаноАрт «Квадратура кола» (рис. 4г) [20].

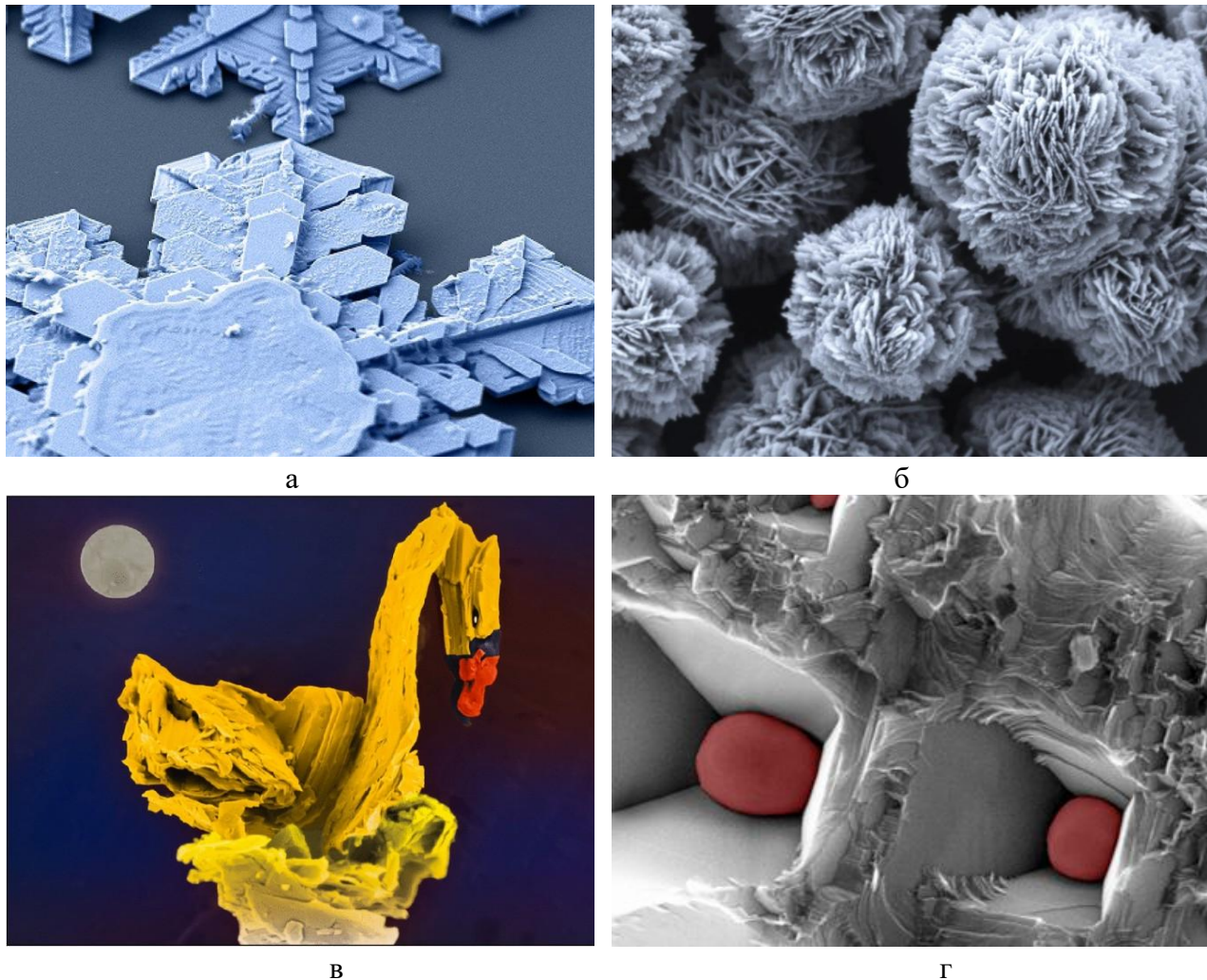


Рисунок 4 – Приклади НаноАрт, представлені на міжнародному конкурсу «Наука як мистецтво»: а – НаноАрт «Прогулянка країною чудес Вольфраму», автор Alex Sredenshek (Університет штату Пенсильванія, США) [17]; б – НаноАрт «Наноквіти оксиду цинку», автор Nderana Andrew (Університет Північної Кароліни у Грінсборо, США) [18]; в – НаноАрт «Золотий лебідь», автор Anurpa Thakur (Університет Пердью, США) [19]; г – НаноАрт «Квадратура кола», автор Waldemar Smirnov (Фраунгоферівський інститут прикладної фізики твердого тіла, Німеччина) [20]

Наприклад, НаноАрт «Кульбаба в Наномірі» (рис. 5а) створений наступним чином: на кремнієвій підкладці за допомогою хімічного осадження з газової фази (осадження на поверхню підкладки тонкої плівки речовини, що є продуктом реакції або розкладання пар однієї або декількох речовин) синтезовані нанотрубки нітриду бору діаметром близько 50 нм. А нітрид індію, синтезований на кристалі сульфиду цинку за допомогою молекулярно-

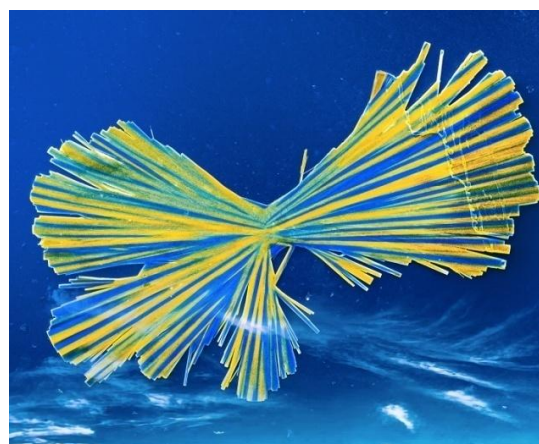
Металургія

променевої епітаксії («наростання» в умовах надвисокого вакууму одного кристала на поверхні іншого), утворює структуру, також схожу на квітку – НаноАрт «Наноквітка» (рис. 5б). Зоглядаючи під мікроскопом масив нановолокон CoFeV можна побачити НаноАрт «Нановибухи» (рис. 5в). Оксид цинку, осаджений з газу (фізичне осадження з газової фази) може утворювати красиві структури, схожі на фантастичні квіти – НаноАрт «Квіти Пандори, що світяться» (рис. 5г). Кристали селеніду міді (пластинки) та селеніду індія (голочки) утворюють скульптуру на поверхні плівки селеніду меді-індія – НаноАрт «Краса природи» (рис. 5д). Нічний пейзаж складений з РЕМ-фотографій частинок пилу, покритих оксидом алюмінію дає змогу побачити НаноАрт «Пильцевий спокій» (рис. 5е) [20].

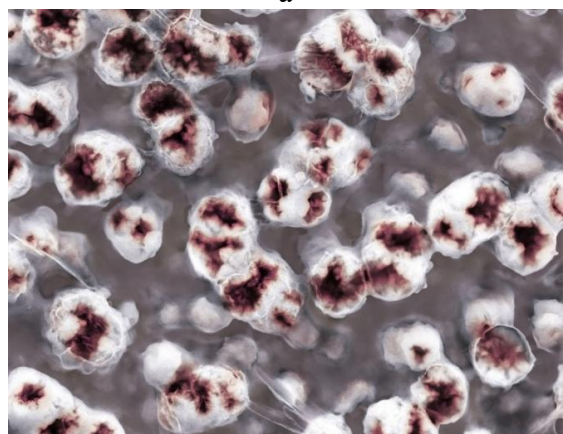
Значний інтерес також представляють і роботи українських науковців Яни Січікової та Сергія Ковачова. Зокрема в роботі [21] представлено зображення НаноАрт «Надія» (поперечний переріз пористого арсеніду галію, що нагадує блакитне небо та жовті пшеничні поля) (рис. 6а) та НаноАрт «Вільний птах» (ілюстрація характеризується голчастими кристалітами, синтезованими на кремнії шляхом електрохімічного осадження) (рис. 6б). Також популярності здобули НаноАрт «Бавовна» (мікроскопічне зображення наночастинок оксиду кадмію на сульфіді кадмію) (рис. 6в) та НаноАрт «Мак пам'яті» (нанокристаліти ZnS , вирощені на поверхні поруватого кремнію) (рис. 6г) [23].



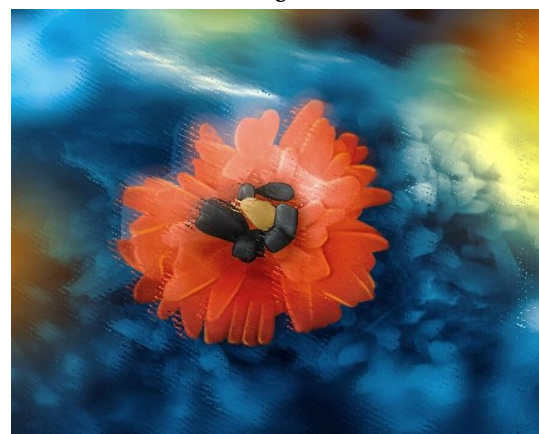
а



б



в



г

Рисунок 6 – НаноАрт авторів Яни Січікової та Сергія Ковачова (Україна): а – НаноАрт «Надія» [21]; б – НаноАрт «Вільний птах» [21]; в – НаноАрт «Бавовна» [22]; г – НаноАрт «Мак пам'яті» [23]

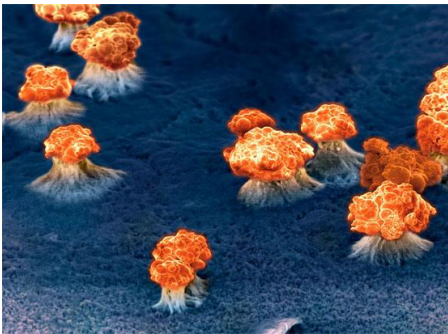
Металургія



а



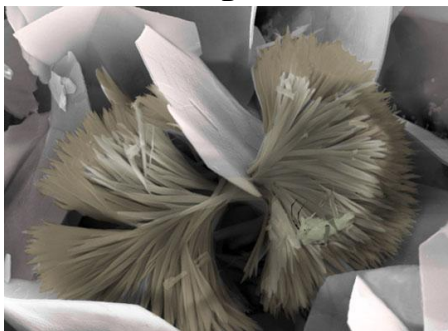
б



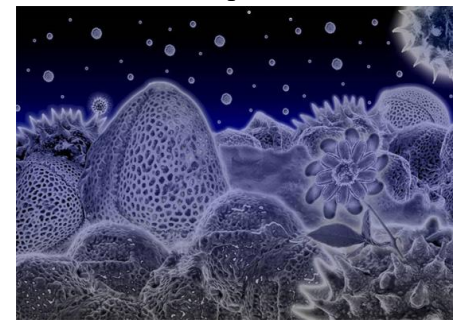
в



г



д



е

Рисунок 5 – Приклади НаноАрт, представлені на міжнародному конкурсі «Наука як мистецтво» [20]: а – НаноАрт «Кульбаба в Наномірі», автор Chee Huei Lee (Мічиганський технологічний університет, США); б – НаноАрт «Наноквітка», автор PaiChun Wei (Національний університет Тайваню); в – НаноАрт «Нановибухи», автор Fanny Veron (Монреальська політехнічна школа, Канада); г – НаноАрт «Квіти Пандори, що світяться», автор Jian Shi (Університет Вісконсіна, США); д – НаноАрт «Краса природи», автор Olga Volobujeva (Талліннський технічний університет, Естонія); е – НаноАрт «Пильцевий спокій», автор Adam Jakus (Технологічний інститут Джорджії, США)

Мета дослідження. Дослідити можливість використання сучасних інформаційних технологій в освітньому процесі, зокрема в науковій роботі при обробці мікро-та макроструктур чорних та кольорових металів і сплавів; показати важливість створення зображень НаноАрт як демонстрації глядачеві можливостей техніки зі створення мікроскопічних арт-об'єктів.

Основний матеріал дослідження. Створення зображення у стилі НаноАрт відбувається у три етапи: синтез наноструктури (наноматеріалу); дослідження мікро- та макроструктури чорних та кольорових металів і сплавів з отриманням зображення високої якості; «розфарбування» отриманого зображення НаноАрт за допомогою графічного редактора. В якості графічних редакторів можливим є використання як піксельної графіки (Microsoft Paint,

Металургія

Adobe Photoshop CS), так і векторної графіки (Adobe Illustrator CS, Microsoft Map, CorelDraw) [24, 25].

При «розфарбуванні» отриманого зображення головним залишається творчий підхід автора НаноАрт. З однієї вихідної структури автор (або колективом авторів) може побачити різні зображення НаноАрт. Окрім зміни кольору та відтінків зображення також можуть відбуватися домальовання або видалення об'єктів. Слід зазначити, що створення зображення НаноАрт – дуже клопітлива та авторська робота, яка займає не одну годину. За основу (вихідний зразок) зображення НаноАрт може бути взята або наноструктура матеріалу, отримана як автором (або колективом авторів) самостійно або залучена з наукових робіт інших авторів (при цьому з метою не порушення авторських прав слід зазначити посилання на першоджерело наноструктури, що використовується). Кожне зображення НаноАрт має свою назву та до неї може бути доданий його стислий опис. Безпосередньо зміна кольору об'єкту НаноАрт може дати змогу побачити різні зображення НаноАрт: наприклад, зміна кольору квітів з червоного на жовтий перетворює НаноАрт «Маки» на НаноАрт «Соняшники» (рис. 7), а зміна кольору з помаранчевого на зелений показує перетворення НаноАрт «Нановибухи» (рис. 5в) на НаноАрт «Опустілий ліс» (рис. 8).

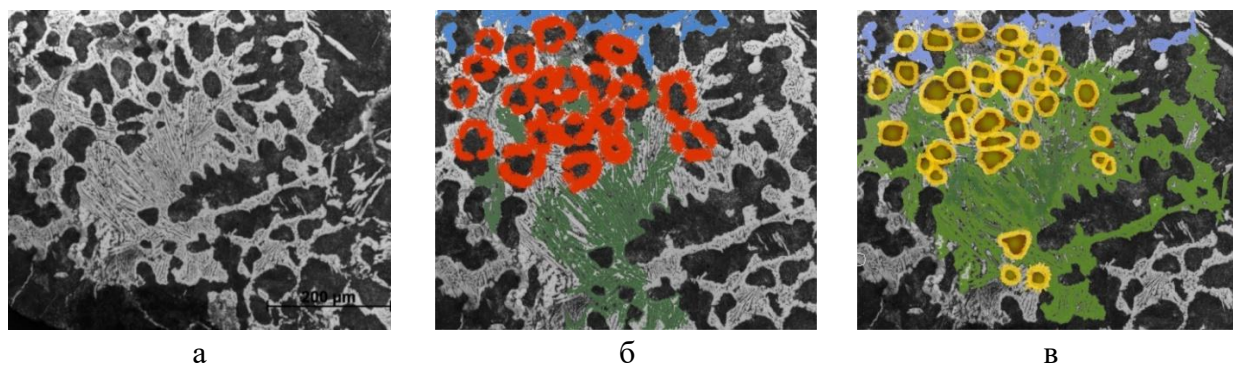


Рисунок 7 – НаноАрт, створений на прикладі доєвтектичної структури, отриманої шляхом переплавлення та науглецювання в рідкому стані: перліт і трансформований ледебурит: а – первісна структура [26]; б – НаноАрт «Маки»; в – НаноАрт «Соняшники»

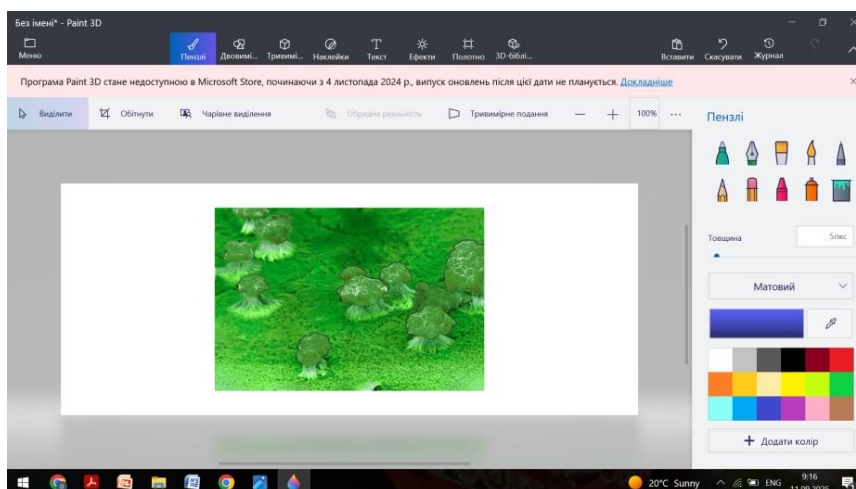


Рисунок 8 – Механізм «розфарбування» вихідної мікроструктури матеріалу за допомогою графічного редактора Paint 3D

В межах даної роботи використовувалися мікро-та макроструктури чорних та кольорових металів і сплавів з атласу структури металів та сплавів [27]. Для «розфарбування»

Металургія

вихідної структури матеріалу використовували графічний редактор Paint 3D (рис. 8). Чорно-біле зображення «розфарбується» згідно творчого погляду автора. Отримані зображення НаноАрт представлені на рис. 9 – рис.13.

На рис. 9 представлені зображення НаноАрт, які створювалися з залученням і зміни кольору, і домалювання та видалення об'єктів, а рис. 10 – рис.13 піддавалися лише обробці кольорової палітри.

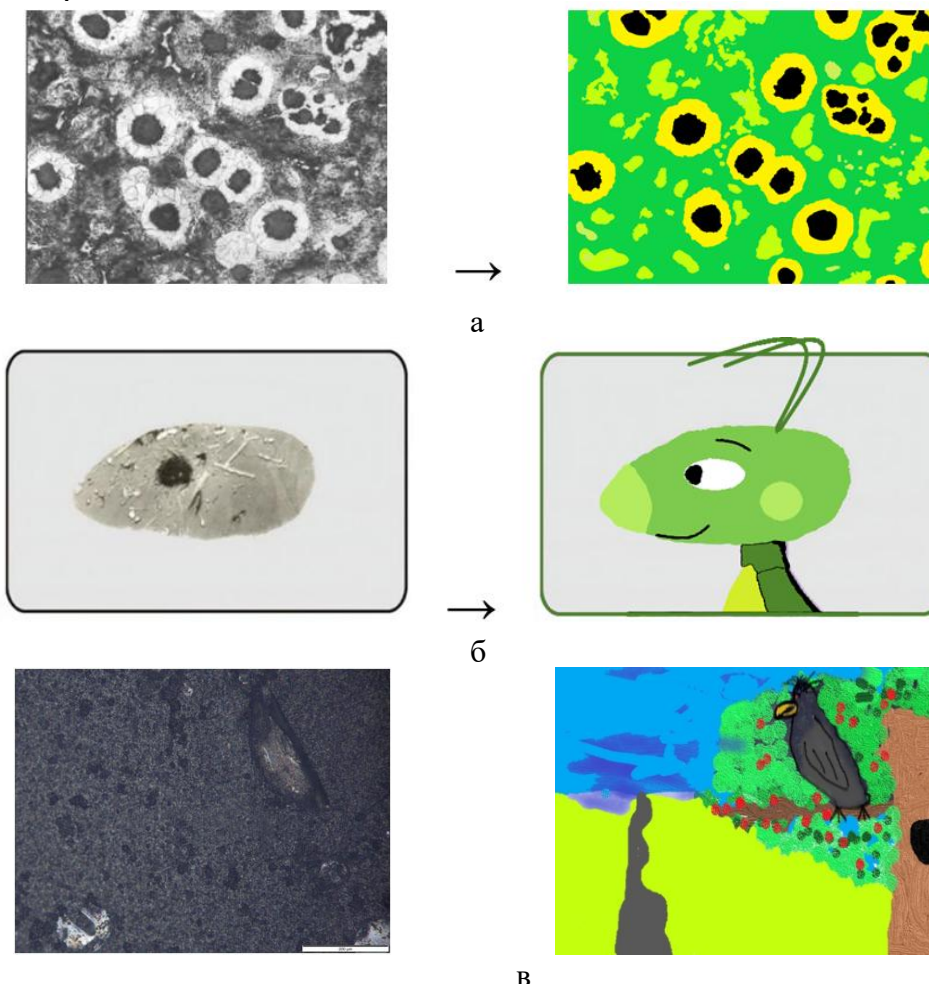


Рисунок 9 – Зображення НаноАрту: а – НаноАрт «Бактерії», створений на прикладі мікроструктури чавуну з шаровидним графітом на феритно-перлітній основі 12Х1М1Ф; б – НаноАрт «Коник», створений на прикладі мікроструктури сталі 12Х1М1Ф; в – НаноАрт «Ворона», створений на прикладі мікроструктури титану

НаноАрт «Дикий пес» (рис. 10) зображає собаку як символ вірності, відданості, пильності, дружби та надійної охорони. Так Пес Патрон є символом українських сил гуманітарного розмінування, уособлюючи хоробрість та допомогу.

Кішка як символ домашнього затишку, родючості та жіночності знайшла відображення у НаноАрт «Кішка», який був створений на прикладі мікроструктури сталі марки 08кп (рис. 11).

Найчастіше серце асоціюється з любов'ю та відданістю, але також може означати вірність, дружбу, доброту, сміливість, життя. Саме тому НаноАрт «Химерне серце» (рис. 12) наближає нас до розуміння значимості людського життя («Поки б'ється серце, надію втратити не можна»).

Металургія



Рисунок 10 – НаноАрт «Дикий пес», створений на прикладі мікроструктури чавуну марки КЧ 35-10



Рисунок 11 – НаноАрт «Кішка», створений на прикладі мікроструктури сталі марки 08кп

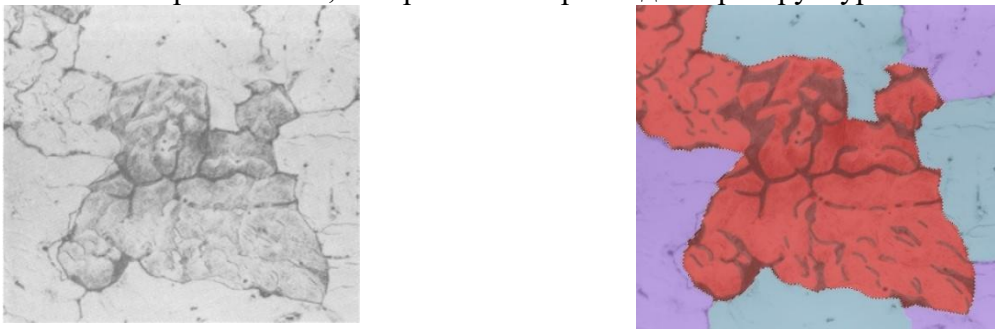


Рисунок 12 – НаноАрт «Химерне серце», створений на прикладі мікроструктури алюмінієвого сплаву марки Д712-Ф

Дивлячись на НаноАрт «Дно дорогоцінного моря» (рис. 13) згадується літо, відпочинок біля Чорного моря. Фраза «Дно дорогоцінного моря» є метафорою, що означає глибину та багатство, приховані в Чорному та Азовському морях, де існують справжні скарби – як у вигляді природних коштовностей (самоцвітів), так і в ширшому, переможному сенсі.

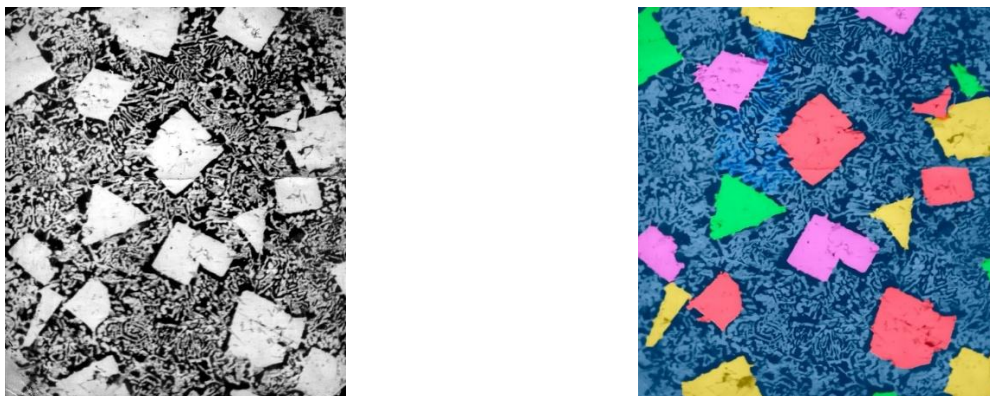


Рисунок 13 – НаноАрт «Дно дорогоцінного моря», створений на прикладі мікроструктури заевтектоїдного сплаву Pb – Sb

ВИСНОВКИ

В умовах модернізації вищої освіти в Україні особливого значення набуває впровадження сучасних інформаційно-комунікативних технологій в освітній процес ЗВО. Ґрунтуючись на принципах цифрової трансформації освіти використання сучасних інтернет-технологій в освітньому процесі дасть змогу: впровадження онлайн-навчання (або дистанційного навчання); інтенсифікувати освітній процес, зробити його мобільним, диференційованим та пристосованим до реалій сучасності; автоматизувати процес навчання (систематизувати навчальні матеріали і дозволити виконувати завдання максимально швидко і легко); розвивати цифрові навички як у здобувачів вищої освіти, так і у викладачів ЗВО; впроваджувати нові способи прийняття рішень на основі цифрових даних та інші.

В сьогоденних реаліях дистанційного навчання в ЗВО значним для освітнього процесу стає пошук нових альтернативних практичних та лабораторних робіт, що зможуть поєднати в собі теоретичні та практичні складові за спеціальністю.

Так для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G10 «Металургія» пропонується взамін проведення в умовах лабораторій традиційних лабораторних робіт з виплавки та обробки чорних та кольорових металів і сплавів (які не має можливості проводити в прифронтових містах через воєнний стан та високу вартість електроенергії) виконання як альтернативної роботи наукової роботи «НаноАрт і металургія», яка є поєднанням науки і мистецтва через дослідження мікро- та макроструктур чорних та кольорових металів і сплавів. Поєднання мистецтва та металургії у вигляді зображень НаноАрт створюються унікальні картини, що демонструють красу науки та її творчий потенціал.

Список використаних джерел

1. Дядюн С. В. Використання інформаційних технологій в освіті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/131.pdf](chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/131.pdf) (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.
2. Dyadun S. V. Implementation of Information and Communication Technologies in the Educational Process / S. V. Dyadun // Проблеми сучасної освіти : збірник науково-методичних праць. – 2020. – №11. – С. 114–125.
3. Роль інформаційних технологій у сучасному освітньому просторі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ituniver.com/blog/rol-informacijnih-tehnologij-u-suchasnomu-osvitnomu-prostorі> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.
4. Дослідження інформаційних технологій в освіті [Електронний ресурс] / В. Кушнарєнко [та ін.] // ВМС-2020: International Scientific-Practical Conference of young scientists «Build-Master-Class-2020». – Київ. – 2020. – Режим доступу: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2022/10> (дата звернення: 05.09.2025). – Назва з екрана.
5. Антонова Л. Використання сучасних інформаційних освітніх технологій в Україні / Л. Антонова, В. Белозерцев, Л. Харакоз / Вісник Хмельницького національного університету. – 2023. – № 1. – С. 261–265.
6. Особливості впровадження технологій дистанційного навчання в освітній процес закладів професійної освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/osoblivosti-vprovadzhennya-tehnologiy-distanciynogo-navchannya-v-osvitniy-proces-zakladiv-profesijno-osviti-401767.html> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.
7. A.-M. Androniceanu, I. Georgescu Canonical correlation analysis and a new composite index on digitalization and labor force in the context of the industrial revolution 4.0 [Електронний ресурс]

Металургія

/ A.-M. Androniceanu, I. Georgescu, M. Tvaronavičiene, A. Androniceanu // Sustainability (Switzerland). – 2020. – No 12. – Режим доступу: <https://cutt.ly/zwDHzY> (дата звернення 22.12.2023). – Назва з екрана.

8. Найкращі AI з відкритим вихідним кодом: Топ 17 найкращих платформ та інструментів штучного інтелекту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://profitstore.ua/uk/blog/research/najkraschi-ai-z-vidkrytym-vyhidnym-kodom> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

9. Топ-10 ШІ для роботи, навчання і творчості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kau.com.ua/top-10-shi-dlia-roboty-navchannia-i-tvorchosti/> (дата звернення: 05.08.2025).

10. Положення про студентські наукові проблемні групи в Запорізькому національному університеті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.znu.edu.ua/docs/2021/ndch/polozhennya_pro_students_k_naukov_problemn_grupi_v_znu.pdf (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

11. Студентські наукові проблемні групи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.znu.edu.ua/ukr/university/11929/12623/13002/13003> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

12. NanoArt – Atomic / Molecular Sculptures and Landscapes [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.interaliomag.org/articles/cris-orfescu-nanoart-atomic-molecular-sculptures-and-landscapes/> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

13. NanoArt and Surrealist Photography [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://crisorfescu.com/> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

14. Нанопарт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/articles/24342/> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

15. Nano Art Competition [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.nanoisrael.org/article_id-17131 (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

16. Materials Research Society [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mrs.org> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

17. MVC14. 14th ANNUAL MATERIALS VISUALIZATION COMPETITION 2022 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.matse.psu.edu/mvc14> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

18. Science as Art Backgrounds [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mrs.org/programs/get-involved/science-as-art/science-as-art-zoom-backgrounds> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

19. Science as art. Volume 49, page 184, (2024) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://link.springer.com/article/10.1557/s43577-024-00666-0> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

20. Science as Art [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mrs.org/programs/get-involved/science-as-art> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

21. «Бердянські медузи», «Вулкан», «Україна». *Сергій Ковачов і Яна Сичікова в світовому топі Наноарта* (фото) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.brd24.com/news/berdyanski-meduzi-vulkan-ukraina-sergiy-kovachov-i-yana-sychikova-v-svitovomu-topi-nanoarta-foto.html> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

22. Процес створення НаноАрту «Бавовна» / Наукове мистецтво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=KT4t2wXw68E> (дата звернення: 05.03.2024). – Назва з екрана.

23. NanoArt – is a symbiosis of science and art [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.goethe.de/resources/files/pdf28>

Металургія

8/nanoart.pdf (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

24. НаноАрт та металургія : симбіоз мистецтва та технологій під час війни / О. С. Воденнікова [та ін.] // Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2024 : XVI Міжнародна науково-технічна конференція (Київ, 25–26 квітня 2024р.). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – С. 97–102.

25. НаноАрт та металургія : застосування інформаційних технологій при обробці макроструктур металів та сплавів / К. А. Піщенко [та ін.] // Наука і сталий розвиток транспорту 2024 : збірник тез доповіді всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих учених (Дніпро, 27 листопада 2024р.). – Дніпро: УДУНТ, 2024. – Т. II. – С. 94–95.

26. *Adrian Wrona*. The Production of High Carbon Steel Directly in Bloomery Process: Theoretical Bases and Metallographic Analyses of the Experiments Results [Електронний ресурс] / *Adrian Wrona* // EXARC Journal. – 2023. – Issue 2. – Режим доступу: <https://exarc.net/issue-2013-2/ea/production-high-carbon-steel-directly-bloomery-process-theoretical-bases-and-metallographic-analyses> (дата звернення: 05.08.2025). – Назва з екрана.

27. *Большаков В. И.* Атлас структур металлов и сплавов / *В. И. Большаков, Г. Д. Сухомлин, Д. В. Лаухин.* – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2010. – 174 с.

Vodennikova O.S., Vodennikov S.A., Pishchenko K.A.

NANOART AND METALLURGY: USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN PROCESSING MICRO-AND MACROSTRUCTURES OF FERRO AND NON-FERRO METALS AND ALLOYS

The article focuses on the relevance of the use of information technologies in the educational process in higher education institutions (HEIs). It is noted that the use of modern Internet technologies in the educational process provides the following opportunities: to automate the learning process, to systematize educational materials and allow tasks to be completed as quickly and easily as possible; to increase the level of knowledge of higher education applicants and the quality of teaching in higher education institutions; the possibility of online learning or distance learning. It has been noted that the search for new alternative practical and laboratory work, that can combine theoretical and practical components in the specialty, is important for the educational process during distance learning. So directly during distance learning at Zaporizhzhia National University in order to master modern information and communication technologies, to reveal scientific and creative potential, applicants for higher education in the specialty G10 «Metallurgy» are offered to perform the scientific work «NanoArt and Metallurgy».

The specified scientific work is a combination of science and art through the study of micro- and macrostructures of ferrous and non-ferrous metals and alloys, and also contributes to the development of creative abilities and the popularization of Ukrainian art. Based on the experience of scientists from different countries of the world in creating NanoArt images, this article is proposed using the graphic editors Adobe Photoshop CS and Paint 3D creating your own NanoArt images. A step-by-step mechanism for creating a NanoArt image is presented and it is shown that each NanoArt image has its own name, symbolizes something and remains the creative approach of the NanoArt author.

In conclusion, it should be emphasized the importance of creating NanoArt images as a demonstration to the viewer of the possibilities of the technique for creating microscopic art objects. When combining art and metallurgy in the form of NanoArt images, unique paintings are created that demonstrate the beauty of science and its creative potential.

Keywords: *NanoArt, information technology, metals and alloys, microstructure, macrostructure, nanostructure.*

Стаття надійшла 29.09.2025р