

## 1.39. REFLECTIVE ANALYSIS OF MODERN CHALLENGES OF HIGHER EDUCATION IN THE SPHERE OF NANOTECHNOLOGIES: THE UKRAINIAN CONTEXT AND GLOBAL PERSPECTIVES

### РЕФЛЕКСИВНИЙ АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВИКЛИКІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ В СФЕРІ НАНОТЕХНОЛОГІЙ: УКРАЇНСЬКИЙ КОНТЕКСТ ТА ГЛОБАЛЬНІ ПЕРСПЕКТИВИ

#### **Вступ: невидима криза всередині кризи**

В Україні війна стала неприємним фоном повсякденного життя — постійні удари артилерії, сім'ї переселенців і геополітика (Dobiesz et al., 2022; Peregodova, 2023). Ця похмура реальність поглинає публічний дискурс, відсуваючи інші нагальні питання в тінь (Malyarenko, Kormych, 2023; Moroz, 2022; Petryshyn, 2023; Polishchuk et al., 2023). Серед цих прихованих криз є одна, яка рідко обговорюється, але має глибокі наслідки: стан вищої освіти в таких спеціалізованих галузях, як нанотехнології (Kovachov et al., 2023b; Suchikova, et al., 2021c). Поки нація бореться з екзистенційними загрозами, освітня система, яка повинна підготувати наступне покоління до технологічної війни, сама перебуває в стані кризи (Lopatina et al., 2023; Suchikova et al., 2023g), яка виникла ще до початку повномасштабної війни (Несторенко, 2020).

Фізичні та людські втрати війни очевидні в напівзруйнованому стані освітньої інфраструктури країни (Bohdanov et al., 2023; Suchikova, 2023). Університети, які колись вирували науковим дискурсом, тепер або руїни, або перепрофільовані як тимчасові переміщені і існують в форматі «Університет без стін» (Suchikova, Tsybuliak, 2023) — евфемізм, який навряд чи охоплює величезні виклики системи освіти у вигнанні (Suchikova et al., 2023f) Це не просто зміна формату, а й дезінтеграція екосистеми — бібліотеки без книг, лабораторії без обладнання та класи без стін. Для таких галузей, як нанотехнології, які спираються на спеціалізовану матеріально-технічну базу (Suchikova et al., 2023e; Suchikova et al., 2022a; Suchikova et al., 2023c), ця ситуація є особливо руйнівною (Suchikova, Kovachov, 2023).

Крім того, війна спричинила значне розпорошення академічних спільнот. Професори, дослідники та студенти опиняються розкиданими по Україні та за її межами, деякі в інших країнах як біженці (Polishchuk et al., 2023). «Вітик мізків» тут не просто модне слово; це жахлива реальність. Викладачі, науковці, студенти виїжджають за кордон країни (Nestorenko et al., 2018), і Україна стикається з витоком інтелектуального капіталу в той час, коли він найбільше їй потрібний. Втрата академічного потенціалу та різке скорочення кількості студентів – це не просто цифри; вони є розчленуванням майбутніх можливостей країни.

Проте криза не зупиняється на кордонах України. Проблеми, які тут розглядаються, служать застереженнями для інших націй і виявляють універсальну вразливість. Як ми забезпечуємо безперервність і актуальність вищої освіти, особливо в спеціалізованих галузях, серед глобальних криз, будь то війни, пандемії чи економічні крахи? Як ми захистимо критичну інфраструктуру, необхідну для підготовки фахівців, які можуть стати ключем до майбутніх інновацій — інновацій, які, як це не парадоксально, можуть запобігти або пом'якшити такі кризи?

Ця стаття розгляне ці складності з непохитним, рефлексивним, але терміновим поглядом. Це кине виклик не тільки політикам і освітянам, а й спровокує світову спільноту переглянути

наші спільні обов'язки. Зосереджуючись на нагальних потребах та унікальних обставинах нанотехнологічної освіти в Україні, обговорення має на меті стати дзеркалом, у якому суспільства в усьому світі можуть побачити власні обличчя — рефлексивна вправа під питанням того, що ми вважаємо важливим, що сприймаємо як належне та за що ми готові боротися. Це не просто наратив про Україну; це глобальний заклик до дії, прохання переглянути наші пріоритети та визнати, що майбутнє — це гобелен, який ми всі тчемо, нитка за ниткою.

### **Парадокс низького попиту серед високих ставок**

В епоху, коли технічні чудеса більше не є предметом наукової фантастики, а повсякденною реальністю, можна було б припустити, що галузі, які рухатимуть наступну хвилю інновацій, будуть користуватися великим попитом. Нанотехнології є однією з таких галузей, яка займає перше місце в медичних дивах, матеріалах нового віку та новаторських промислових застосуваннях (Suchikova et al., 2023d; Suchikova et al., 2021b; Sychikova et al., 2019). І все ж, як не дивно, вони залишаються на узбіччі освітніх і промислових пріоритетів як в Україні, так і в усьому світі.

### *Обережний погляд Європи на нанотехнології*

Навіть у європейському контексті, де вища освіта часто користується щедрим державним фінансуванням і культурною історією, багатою науковими відкриттями, нанотехнології стикаються з важкою боротьбою за визнання (Light Feather & Aznar, 2018; Souzanchi Kashani & Zarghami, 2018; Şenel Zor & Aslan, 2018). Європа породила незліченну кількість наукових революцій, від теорії відносності до відкриття бозона Хіггса. Але коли мова заходить про нанотехнології, континент виглядає нерішучим, майже настороженим.

Європейські навчальні заклади часто опиняються в пастці парадоксу: прагнуть підтримувати традиційні дисципліни, визнаючи при цьому необхідність інвестувати в галузі, що розвиваються (Şenel Zor & Aslan, 2018; Singh et al., 2022; Ma, 2022). Існує небажання повністю охоплювати нанотехнології, часто відводячи їх до субдисципліни в рамках більш широких наукових галузей, таких як фізика, хімія чи інженерія. Результат? Розмитий фокус і недостатній стимул для студентів спеціалізуватися в галузі з величезним, але нереалізованим потенціалом.

### *Глобальна апатія та роль суспільного сприйняття*

У глобальному масштабі парадокс стає ще більш виразним. Можна було б припустити, що в країнах із розвиненими технологічними екосистемами, як-от Сполучені Штати, Китай чи Південна Корея, нанотехнології будуть модним словом. Дивно, але це не так, або не так багато, як можна було б очікувати. Чи є першопричина в недостатній обізнаності громадськості? Чи вважає суспільство ці невидимі молекули менш привабливими, ніж видимої сили ракет і роботів?

Часто недоліки попиту на такі спеціалізовані галузі, як нанотехнології, можна простежити у суспільному сприйнятті. Якщо публічний наратив віддає перевагу ІТ-стартапам і космічним подорожам над молекулярними маніпуляціями, тоді суспільні цінності відповідним чином спрямовуватимуть таланти та ресурси. Уява громадськості, підігріта популярними засобами масової інформації та інколи недалекою політикою, часто не помічає тихіших революцій, які можуть не обіцяти негайного видовища, але пропонують довгострокові перетворення.

### *Розірвати зв'язок між академічними теоріями та реальними додатками*

«Вежа зі слонової кістки» академічного середовища іноді настільки висока, що втрачає з поля зору землю, на якій вона побудована. Теоретичні основи нанотехнологій можуть стати настільки абстрактними та складними, що радше лякають, ніж запрошують. Ця складність може

стримувати як студентів, так і викладачів, створюючи цикл, у якому відсутність попиту продовжує брак пропозиції кваліфікованих спеціалістів (Suchikova et al., 2021a). Головоломка полягає не лише в українській чи європейській проблемі, а в фундаментальному недоліку в тому, як наукові кола в усьому світі підходять до новонароджених сфер, що наповнені практичним потенціалом.

#### *Суспільні цінності проти довгострокових потреб*

Наша колективна короткозорість часто жертвує довгостроковим потенціалом на вівтар нагальних потреб або явних суспільних цінностей. У світі, в якому спонукають швидкі цикли новин і квартальні фінансові звіти, планування майбутніх 10 або 20 років здається майже нерозумним. Але якщо ми продовжуватимемо вибудовувати наші освітні пріоритети виключно на основі того, що зараз є прибутковим або помітно новаторським, ми ризикуємо залишити позаду сфери, які можуть змінити саму структуру суспільства.

Парадокс низького попиту на нанотехнологічну освіту серед високих ставок не можна відкинути як продукт поточної геополітики чи навіть регіональних коливань. Це криза бачення, яка вплинула на Європу та світ загалом — універсальний розрив між людським передбаченням і насущними потребами. Якщо ми не звернемося до цього, ми ризикуємо створити майбутнє, позбавлене експертів, які могли б його сформувати та, можливо, врятувати.

#### **Екзистенціальна проблема нанотехнологій: бути чи не бути зайнятим**

Випускна церемонія зазвичай є подією, сповненою оптимізму, моментом, що позначає перехід від підготовки до навчання до професійного застосування. Тим не менш, для багатьох, хто має дипломи в таких спеціалізованих галузях, як нанотехнології, випускна шапка, здається, знаменує не обряд посвячення, а вихід у професійну підвішеність. Озброєні складними знаннями про маніпулювання матерією на молекулярному чи атомному рівні, ці випускники стикаються з дивним парадоксом: володіють навичками для робіт, яких або не існує, або ще не визнали потреби в такій спеціалізації.

#### *Академічна загадка: пропозиція без попиту?*

Вищі навчальні заклади в усьому світі, та й в Україні, розширюють межі знань, занурюються в дисципліни, про які не чули навіть кілька десятиліть тому. Нанотехнології отримали вигоду від цього академічного розквіту. Університети пропонують передові курси, дослідницькі проекти та навіть спеціалізовані інститути, що зосереджуються на нанонауці. Але коли їхні добре освічені випускники виходять із кампусу, вони часто виявляють, що ринок праці вкрай невідповідний або не бажає врахувати їхні унікальні навички. Невже освітні заклади були занадто далекоглядними, створюючи пропозицію експертів, яка не має відповідного попиту?

#### *Сліпа пляма галузі: нездатність побачити наноскопічне*

Легко вказувати пальцем на наукові кола за те, що вони відірвані від реальності, але як щодо індустрії? Незважаючи на експоненціальний темп технологічного прогресу, багато секторів були млявими у впровадженні нових наук, таких як нанотехнології. Винятки, звичайно, є. Такі сектори, як охорона здоров'я, електроніка та навіть мода, займаються застосуванням нанотехнологій. Однак, загалом, сприйняття в усій галузі залишається прохолодним. Невже підприємства не вміють розпізнати потенціал, який приносить робоча сила, освічена нанотехнологіями?

#### *Глобальна дилема: невідповідність освіти та зайнятості*

Це незручне вирівнювання не обмежується жодною нацією. У всьому світі існує помітна різниця між тим, що пропонують наукові кола, і тим, чого прагне промисловість. Від

Силіконової долини до Сеула компанії вимагають «готових» експертів, тих, хто може вписатися в існуючі рамки без необхідності перенавчання чи адаптації. Цей короткозорий погляд перешкоджає інтеграції нових наук (Nestorenko et al., 2021; Nestorenko, et al., 2022; Ostenda et al., 2018), таких як нанотехнології, у основні бізнес-моделі, увічнюючи цикл, у якому як свіжі випускники, так і галузь втрачають можливості трансформації.

#### *Військовий імператив: невикористаний горизонт*

Коли ми звертаємось до нагальних потреб України, особливо в умовах війни, яка триває, нагальність узгодження освітніх результатів із практичним застосуванням стає ще більш відчутною (Kovachov et al., 2022; Suchikova et al., 2023a; Suchikova et al., 2023b). Нанотехнології мають чітке й серйозне застосування в оборонному секторі — будь то створення нових легших, але міцніших матеріалів, ефективніших приладів нічного бачення чи універсальніших дронів (Kovachov et al., 2023a; Suchikova et al., 2022b; Suchikova et al., 2020). Оскільки Україна стикається як з традиційними, так і з кібернетичними формами війни, чи може виникнути більш нагальна потреба у фахівцях, оснащених для впровадження технологічних інновацій в обороні?

Екзистенціальна проблема, з якою стикаються випускники нанотехнологій, — «бути чи не працювати» — це не просто індивідуальна дилема, а питання суспільства. Це змушує нас уважно вивчити мету вищої освіти в умовах, що швидко розвиваються. Який сенс у поглибленому навчанні, якщо воно не задовольняє нагальних суспільних потреб і не готує студентів до ринку праці? Це заклик до переосмислення співвідношень між наукою та промисловістю — не лише для покращення індивідуальних кар'єрних шляхів, але й для задоволення нагальних потреб сучасного суспільства, особливо в таких ключових секторах, як національна оборона.

#### **Війна як каталізатор: релевантність у нерелевантності**

Війна має тривожну, але незаперечну подвійну природу: вона руйнує, але водночас стимулює інновації. Серед руїн і трагічної людської втрати часто виникає шалений поштовх до технологічного прогресу. Згадаємо Другу світову війну, яка, незважаючи на свої жахи, прискорила розвиток у всьому, починаючи від радарів і закінчуючи ракетними технологіями. Конфлікт, що триває в Україні, демонструє подібну дихотомію. Та сама війна, яка розірвала сім'ї та спустошила міста, також чітко підкреслила гостру потребу в спеціальних знаннях у таких галузях, як нанотехнології, особливо у сфері оборони та безпеки.

#### *Горнило конфлікту: ґрунт для невідкладності*

Війна руйнує статус-кво. Традиційна мудрість, давні інституції та усталені системи — все це піддається сумніву. В Україні гострота конфлікту миттєво змінила пріоритети. Раптом виникла гостра потреба в легших і міцніших матеріалах для броні та артилерії; більш досконала оптика для спостереження; вдосконалені пристрої зв'язку; і більш ефективні дрони. Це сфери, де нанотехнології можуть відіграти важливу роль. Питання в тому, чи достатньо ми спритні, щоб використовувати його?

#### *Академічна відповідь: спритна чи архаїчна?*

У часи кризи гнучкість освітніх закладів стає предметом пильної уваги. Навчальні програми, які були актуальні вчора, завтра можуть застаріти. Це породжує фундаментальне запитання: чи можуть освітні системи, які часто адаптуються повільно, досить швидко повертатися, щоб відповідати вимогам геополітичного ландшафту, що швидко змінюється? Перед університетами та іншими установами поставлено завдання складного балансу — дотримання суворих академічних стандартів і водночас швидке пристосування до вирішення нагальних проблем реального світу.

#### *Глобальні уроки: адаптація освіти до кризи*

Ця дилема далеко не унікальна для України. Від зосередженості Сполучених Штатів на кібербезпеці після 9/11 до інвестицій Ізраїлю в протиракетні технології, країни в усьому світі були змушені узгоджувати освітню та професійну підготовку з новими загрозами. Ці коригування часто були успішними, але не без болю зростання. Для інших країн, які спостерігають, українська боротьба ставить універсальне питання: як швидко освітня система може адаптуватися у відповідь на екзистенціальні загрози?

*Воскресіння Фенікса? Потенціал післявоєнного відновлення*

За іронією долі, війна може стати каталізатором, який просуває нанотехнології з академічної невідомості до основної актуальності. Необхідність конфлікту може стати тим горнилом, де академічна теорія остаточно поєднується з промисловим застосуванням. Це може бути не тільки благом для оборонного сектору, але й може революціонізувати інші сфери, від охорони здоров'я до чистої енергії. Як би це не було боляче визнавати, чи може війна стати ареною, де нанотехнології доводять свою суспільну цінність, повстаючи, як фенікс, із попелу конфлікту?

Таким чином, війна з усіма її трагедіями також відкриває можливість для технологічних стрибків. У контексті конфлікту, що триває в Україні, це покладає на освітні системи обов'язок переглянути, відкалібрувати та, можливо, переглянути свої цілі та методології. Актуальність війни цілком може послужити несподіваним каталізатором для появи нанотехнологій як сфери не лише академічних інтересів, а й негайного, кардинального значення.

### **Цифрові лабораторії та віртуальні атоми: нежиттєздатність онлайн-освіти**

Останні кілька років стали грандіозним експериментом щодо життєздатності онлайн-освіти. Викликані необхідністю — спочатку глобальною пандемією, а потім геополітичною кризою — навчальні заклади дедалі більше переходять на цифрові платформи (Klochko et al., 2020; Несторенко, 2020; Гнатюк та ін., 2021; Гавриленко, 2022). Хоча це забезпечило безперервність у навчанні, варто запитати, що втрачено в цьому перекладі з тактильного світу в цифровий, особливо в таких спеціалізованих галузях, як нанотехнології.

*Обмеження віртуальних лабораторій*

Незважаючи на те, що технологія робила стрибки, імітація лабораторних умов для базових хімічних реакцій або електричних ланцюгів — це одне; повторення нюансів умов, необхідних для дослідження нанотехнологій, є іншим. Віртуальні лабораторії, безумовно, можуть допомогти теоретичному розумінню, але вони не в змозі відтворити практичні навички, необхідні для маніпулювання атомними та молекулярними структурами (Klochko et al., 2020; Гнатюк та ін., 2021). Є елемент тактильної мудрості — навчання на практиці, — який просто неможливо імітувати на екрані комп'ютера.

*Педагогічна головоломка: чим ми жертвуємо?*

Проблема виходить за межі логістичних проблем і входить у сферу філософії освіти (Глазкова, 2013; Glazkova et al., 2020; Hurenko, 2009). Практичний лабораторний досвід розвиває не лише технічні навички, але й розвиває такі якості, як наукова інтуїція та здатність розв'язувати проблеми — риси, які важко виховувати у віртуальному середовищі. Нанотехнології — це не просто навчальний предмет, а дисципліна, яка вимагає глибокого, майже інтуїтивного розуміння властивостей матеріалів. Яких аспектів навчання нам не вистачає, коли ми міняємо склянки та мікроскопи на натискання клавіш і гортання екраном?

*Екзистенціальне питання: яких експертів ми створюємо?*

Це не просто педагогічна дискусія; це екзистенційне питання для поля. Нанотехнології вимагають точного, деталізованого маніпулювання матерією, часто на атомному рівні. Це не

просто професія; це ремесло. Отже, якщо навчання повністю переходить в Інтернет (Alieksieieva, 2012; Алексеева та ін., 2018), яких експертів ми створюємо? Чи вони обладнані для задоволення потреб галузей, які вимагають не лише теоретичного розуміння, а й практичного досвіду?

Хоча онлайн-освіта пропонує рішення для викликів (Shchetynina et al., 2022; Shevchenko et al., 2023; Несторенко, 2020), пов'язаних із поточною кризою, надзвичайно важливо враховувати наслідки для сфер, які значною мірою покладаються на практичний досвід. Для нанотехнологій, дисципліни, що базується на складних маніпуляціях матерією, перехід до віртуальної освіти ставить не лише педагогічні, а й екзистенціальні виклики. Ми повинні критично розглянути ці зміни, коли ми формуємо майбутнє нанотехнологічної освіти, особливо в контексті, ураженому кризою, як Україна, де ставки надзвичайно високі.

### **Перетинаючи прірву: від академії до поля битви та ринку**

У все більш спеціалізованому світі нанотехнологій академічні інституції часто опиняються по один бік прірви, а промисловість і оборонний сектори – по інший. Подолання цього розриву є більш ніж справою інтелектуального інтересу; в такому середовищі, як Україна, це питання нагальності на національному рівні.

#### *Небезпека експертизи Siled*

Занадто довго академічні інституції, гравці промисловості та оборонні сектори працювали у своїх власних приміщеннях. Академія створює потік експертів, які добре знають теорію, але часто не мають навичок практичного застосування. Тим часом галузі промисловості та оборонні сектори борються за таланти, які можуть почати працювати, що часто призводить до дорогого та тривалого внутрішнього навчання. Це не просто неефективно; це нежиттєздатно.

#### *Створення проникних кордонів*

Настав час переосмислити ці поділи. На практиці це може означати інтегровані навчальні програми, спільно розроблені академічними та галузевими експертами, або стажування та завершальні проекти, які включають вирішення реальних проблем у сферах ринку та національної безпеки. Дослідницьке партнерство між університетами та галузями промисловості могло б стати ще одним напрямком, особливо для ресурсомістких досліджень нанотехнологій, які окремі організації вважають фінансово обтяжливими.

#### *Симбіоз як стратегія виживання*

У контексті України, де геополітичні реалії роблять технологічний прогрес критичною потребою, така співпраця є не просто корисною, вона життєво необхідною. Більш симбіотичні відносини між академічними, промисловими та оборонними секторами можуть стати ключем до швидших інновацій і надійнішої національної технологічної інфраструктури.

Якщо ми хочемо підготувати фахівців з нанотехнологій, які мають не тільки академічні знання, але й практичні навички, різке переосмислення інтерфейсу академічної, промислової та оборонної сфери є обов'язковим. Для України це не просто освітня потреба, а стратегія виживання і, можливо, модель для світу, який бореться з подібними викликами.

### **Термінові заклики до рефлексивних дій**

Питання, пов'язані з освітою та застосуванням нанотехнологій, — це не просто наукові дебати, а невідкладні питання, які вимагають негайних і рефлексивних дій. Тут необхідний багаторівневий підхід із залученням політиків, освітян, зацікавлених сторін галузі та світової спільноти.

#### *Політичні імперативи: визнання терміновості та специфічності*

Політики повинні прийняти гнучке мислення, яке визнає подвійну природу терміновості та специфічності в секторі нанотехнологій. Недостатньо створити політику, яка б просто виступала за «STEM-освіту». Навпаки, необхідно розробити індивідуальні програми, які враховують унікальні педагогічні та практичні вимоги нанотехнологій, особливо в таких країнах, як Україна, де геополітичні імперативи додають додатковий рівень терміновості.

*Освітні революції: активна співпраця*

Освітні заклади повинні бути на висоті, розбиваючи академічні розриви та активно співпрацюючи з промисловістю. Розробка навчальної програми має виходити за межі академічних кіл і включати реальні навички та програми, необхідні ринковому та оборонному секторам. Це вимагає радикальних змін в академічній культурі, переходу від веж зі слонової кістки до екосистем співпраці.

*Глобальна розплата: Україна як дзвоник*

Нарешті, світова спільнота повинна звернути свій погляд на Україну не просто як на країну, що переживає кризу, а як на провідника ширших викликів щодо інтеграції нових галузей у існуючі освітні та соціально-політичні системи. Тріщини, виявлені під час боротьби в Україні, повинні спонукати до ширшого осмислення того, як ми підходимо до спеціалізованої освіти в глобальному контексті, чутливого як до вимог ринку, так і до проблем національної безпеки.

Виклики, з якими стикається освіта та застосування нанотехнологій в Україні, мають стати терміновим закликком до дії для багатьох зацікавлених сторін, від політиків до освітян та світової спільноти. Якщо ми хочемо уникнути пасток, пов'язаних із тим, що нова сфера може зазнати збоїв через відсутність практичного застосування та інтеграції, тоді рефлексивні, але негайні дії не просто рекомендовані, вони є важливими.

### **Висновок: від локальних проблем до глобальних проблем**

Досвід і труднощі України у сфері нанотехнологічної освіти не є поодинокими випадками, а відображають набагато більшу глобальну дилему. Як країна, яка бореться як з геополітичною нестабільністю, так і зі швидкими технологічними змінами, Україна є яскравою лінзою, через яку ми можемо досліджувати фундаментальні тріщини в наших підходах до спеціалізованої вищої освіти в усьому світі.

Війна діє як збільшувальне скло, виявляючи гостріші проблеми, які інакше могли б залишитися затемненими. Проблеми, з якими стикається Україна під час узгодження своїх освітніх пропозицій у сфері нанотехнологій із реальними потребами, загострилися війною, але вони аж ніяк не є унікальними для країни. Ситуація посилює нагальність реформ не лише в Україні, а й у всьому світі, висуваючи ці питання на перший план нашої спільної свідомості.

Виклики України у сфері нанотехнологій повинні стати каталізатором глобальної переоцінки того, як ми розуміємо та структуруємо вищу освіту в спеціалізованих галузях та сферах, що розвиваються. Недостатньо сказати, що наші освітні системи застаріли; ми повинні діяти відповідно до цього усвідомлення. Існуючі прогалини та розбіжності є не просто незручностями, а критично вразливими місцями, болісно виявленими в Україні, але непомітно наявними всюди. Нинішня ситуація є тривожним дзвінком для міжнародної спільноти. Оскільки технології продовжують розвиватися, а геополітичні ландшафти змінюються, наші освітні рамки також повинні розвиватися, щоб підготувати робочу силу, здатну долати сучасні виклики. Це можливість для глобальних освітніх, промислових і політичних зацікавлених сторін залучитися до більш комплексного, чуйного підходу до освіти, який враховує багатогранну та взаємопов'язану природу світу, в якому ми живемо.

Виклики, з якими стикається Україна в галузі нанотехнологічної освіти, є мікрокосмом глобальних проблем, які стають ще більш актуальними в горнілі конфлікту. Це не просто

локальна проблема, а глобальний виклик, який вимагає узгоджених, рефлексивних дій усіх зацікавлених сторін. Настав час переосмислити, реформувати та переосмислити наш освітній ландшафт, щоб підготуватися до складного майбутнього, що швидко розвивається.

**Подяки:**

Дослідження проводились за підтримки Міністерства освіти і науки України, а саме виконання державних наукових проектів № 0121U109426, № 0122U000129 та № 0123U100110. COST Action CA20129 та CA20126 частково підтримали дослідження Яни Сичікової. Дякуємо Збройним Силам України за забезпечення безпеки цієї роботи. Це стало можливим лише завдяки стійкості та хоробрості української армії.

*Література:*

- Алексеева, Г. М., Антоненко, О. В., Жадан, К. О., & Лифенко, М. В. (2018). Досвід використання засобів електронного навчання у інклюзивному освітньому ВНЗ. *Фізико-математическое образование*, 4 (18), 17-24.
- Гавриленко, Н. В. (2022). Україна і інклюзивне цифрове суспільство: шлях до інтеграції. *Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. "Взаємодія норм міжнародного і національного права крізь призму процесів глобалізації та інтеграції"* (09.11.2022 р.). Київ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 131–133. <http://eir.nuos.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6476>
- Глазкова, І. Я. (2013). *Компетентність майбутнього вчителя у запобіганні та подоланні педагогічних бар'єрів: [монографія]*. Бердянськ: Видавництво О.В.Ткачук.
- Гнатюк, В. В., Горицька, О. В., & Матвійчук, А. В. (2021). Роль адаптивно-цифрового середовища закладу вищої освіти у формуванні професійної компетентності студентів. *Педагогічна освіта: теорія і практика*, (31), 225-237.
- Несторенко, Т. П. (2020). «Економіка суперзірок»: можливості та загрози для сфери освіти. *Український журнал прикладної економіки*. Том 7, № 2, 8–15. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-2-1>
- Aliksieieva, H. M. (2012). *Sutnist i struktura hotovnosti maibutnykh sotsialnykh pedahohiv do zastosuvannya kompiuternykh tekhnolohii u profesiinii diialnosti [The essence and structure of future social educators' readiness to use computer technology in their professional activities]*. *Zbirnyk naukovykh prats Berdianskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu. Pedahohichni nauky*, 9-14.
- Bohdanov, I., Suchikova, Y., Kovachov, S., Hurenko, O., & Aleksandrova, H. (2023). Youth views on the role of local government and universities in the development of deoccupied territories. *Knowledge and Performance Management*, 7(1), 29-46. [http://dx.doi.org/10.21511/kpm.07\(1\).2023.03](http://dx.doi.org/10.21511/kpm.07(1).2023.03)
- Dobiesz, V. A., Schwid, M., Dias, R. D., Aiwonodagbon, B., Tayeb, B., Fricke, A., ... & Erickson, T.B. (2022). Maintaining health professional education during war: A scoping review. *Medical Education*, 56(8), 793-804. <https://doi.org/10.1111/medu.14808>
- Glazkova, I., Khatuntseva, S., & Yaroshchuk, L. (2020). Professional Pedagogical Culture: Historical Culturological Aspect. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 12(3), 144-161.
- Hurenko, O. (2009). *Polikultura osvita: do sutnosti ponyattya [Multicultural education: the essence of the concept]*. *Zbirnyk naukovykh prats Berdyanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu: Pedahohichni nauky – Collection of scientific works. Berdiansk State Pedagogical University: Pedagogical Sciences*, 1, 95-103.



- Klochko, O., Fedorets, V., Maliar, O., & Hnatyuk, V. (2020). The use of digital models of hemodynamics for the development of the 21st century skills as a components of healthcare competence of the physical education teacher. In *E3S Web of Conferences*. Vol. 166, 10033. EDP Sciences.
- Kovachov, S., Nestorenko, T., Bohdanova, I., & Suchikova, Y. (2022). Crisis management during the implementation of scientific projects on critical technologies during the war: the experience of a displaced university. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach*, 15.
- Kovachov, S., Popova, A., Bogdanov, I., & Suchikova, Y. (2023a). Концептуальні засади підготовки нанотехнологів для створення наноматеріалів подвійного призначення. *Actual Problems in the System of Education: General Secondary Education Institution – Pre-University Training – Higher Education Institution*, (3), 368-376.
- Kovachov, S., Suchikova, Y., Popova, A., & Bogdanov, I. (2023b). Сучасний стан підготовки майбутніх фахівців у галузі наноматеріалознавства: короткий огляд освітніх програм та шляхи покращення. *UNESCO Chair Journal Lifelong Professional Education in the XXI century*, 1(7), 66-85.
- Light Feather, J., & Aznar, M. F. (2018). *Nanoscience Education, Workforce Training, and Resources*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315219417>
- Ma, Y. (2022). New progress in international nanotechnology research in the past ten years – visual analysis based on CiteSpace. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 22(1), 265–277. <https://doi.org/10.3233/jcm-215639>
- Malyarenko, T., & Kormych, B. (2023). New Wild Fields: How the Russian War Leads to the Demodernization of Ukraine’s Occupied Territories. *Nationalities Papers*, 1-19. <https://doi.org/10.1017/nps.2023.33>
- Moroz, Y. (2022). Here in Ukraine, science continues under air raids. *Nature*, 605(7911), 590-590. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01431-6>
- Lopatina, H., Tsybuliak, N., Popova, A., Bohdanov, I. and Suchikova, Y. (2023). University without Walls: Experience of Berdyansk State Pedagogical University during the war. *Problems and Perspectives in Management*, 21(2-si), 4-14. doi:10.21511/ppm.21(2-si).2023.02
- Nestorenko, T., Ostenda, A., Kravchuk, Yu., Nestorenko, O. (2022). Entrepreneurship and universities: a place of academic business incubators. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. Vol.7. № 1. 63–71. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2022-1-7>
- Nestorenko, T., Ostenda, A., Perelygina, L., Ilina, Yu. (2018). The Impact of Foreign Students on Internationalization of University and on the Economy of a Host City (Case of the Katowice School of Technology). *Capacity and resources for sustainable development: the role of economics, business, management and related disciplines*. EDAMBA-2018. Conference Proceedings of International Scientific Conference for Doctoral Students and Post-Doctoral Scholars. 17-19 April 2018, 356-366, University of Economics in Bratislava, Bratislava. ISBN 978-80-225-4571-6 <https://cutt.ly/wYcVi9S>
- Nestorenko, T., Tokarenko, O., Kolmakova, O. (2021). Entrepreneurship in Eastern Ukraine: development in the context of armed conflict and the Covid-19 pandemic. *International Relations 2021: Current issues of world economy and politics*. Proceedings of scientific works from the 22nd International Scientific Conference, 2-3.12.2021. 510-517. <https://cutt.ly/DHUw2WV>
- Ostenda, A., Nestorenko, T., Ostenda, J. (2018). Practical education on a higher level in Poland: example of Katowice School of Technology. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету*. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. пр. Вип.1, 186-190. <http://doi.org/10.31494/2412-9208-2018-1-1-186-190>

- Peregudova, V. (2023). People learn fastest on the barricades: Science at war. *Management in Education*. <https://doi.org/10.1177/08920206231188018>
- Petryshyn, O. (2023). Population Loss Through Migration and Internal Displacement as a Risk Factor for Stronghold Territorial Communities in Post-Invasion Ukraine. *Studia Regionalne i Lokalne*, 1(91), 92-104. <https://doi.org/10.7366/1509499519106>
- Polishchuk, Y., Lyman, I., & Chugaievska, S. (2023). The “Ukrainian Science Diaspora” initiative in the wartime. *Problems and Perspectives in Management*, 21(2), 153–161. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(2-si\).2023.18](https://doi.org/10.21511/ppm.21(2-si).2023.18)
- Shchetynina, O., Kravchenko, N., Horbatiuk, L., Aliksieieva, H., & Mezhuyev, V. (2022). Trello as a Tool for the Development of Lifelong Learning Skills of Senior Students. *Postmodern Openings*, 13 (2), 143-167.
- Shevchenko, D. S., Aliksieieva, H. M., & Chupryna, A. P. (2023). Use of virtual and augmented reality technologies in the educational process. Publishing House “Baltija Publishing”.
- Singh, R. P., Rai, A. R., Jotania, R. B., Chaudhary, R. G., & Abdala, A. (2022). Rationale and trends of applied nanotechnology. *Y Biogenic Sustainable Nanotechnology*, 373–389. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-88535-5.00008-1>
- Souzanchi Kashani, E., & Zarghami, H. R. (2018). The dynamics of university-industry-government relationships in Nanoscience: investigating the Triple-Helix differences between Iran and Switzerland. *Technology Analysis & Strategic Management*, 31(7), 817–832. <https://doi.org/10.1080/09537325.2018.1554859>
- Suchikova, Y. (2023). A year of war. *Science*, 379(6634). <https://doi.org/10.1126/science.caredit.adh2925>
- Suchikova, Y., Bohdanov, I., Bardus, I., & Kovachov, S. (2023a). Формування та розвиток когнітивних професіно важливих якостей майбутнього нанотехнолога в умовах фундаменталізації його професійної підготовки. *Actual Problems in the System of Education: General Secondary Education Institution–Pre-University Training–Higher Education Institution*, (2), 726-733.
- Suchikova, Y., Bohdanov, I., Kovachov, S., Bardus, I., Lazarenko, A., & Shishkin, G. (2021a). Training of the Future Nanoscale Engineers: Methods for Selecting Efficient Solutions in the Nanostructures Synthesis. In 2021 IEEE 3rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). 584-588.
- Suchikova, Y., Bogdanov, I., Kovachov, S., Kamensky, D., Myroshnychenko, V., & Panova, N. (2020). Optimal ranges determination of morphological parameters of nanopatterned semiconductors quality for solar cells. *Archives of Materials Science and Engineering*, 101(1), 15-24.
- Suchikova, Y., Bogdanov, I., Kovachov, S., & Popova, A. (2023b). Підготовка нанотехнологів до професійної діяльності засобами асинхронного навчання. *Actual Problems in the System of Education: General Secondary Education Institution–Pre-University Training–Higher Education Institution*, (3), 571-579.
- Suchikova, Y., & Kovachov, S. (2023). Rethinking the goals and values of nanoart during the war: An artists' statement. *Nanoethics*, 17(12), <https://doi.org/10.1007/s11569-023-00447-0>
- Suchikova, Y., Kovachov, S., & Bohdanov, I. (2022a). Formation of oxide crystallites on the porous GaAs surface by electrochemical deposition. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 12.
- Suchikova, Y., Kovachov, S., Bohdanov, I., Abdikadirova, A., Kenzhina, I., & Popov, A. (2023c). Electrochemical Growth and Structural Study of the Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As Nanowhisker Layer on the GaAs Surface. *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 7(5), 153.

- Suchikova, Y., Kovachov, S., Bohdanov, I., Karipbaev, Z. T., Pankratov, V., & Popov, A. I. (2023d). Study of the structural and morphological characteristics of the  $Cd_xTe_yO_z$  nanocomposite obtained on the surface of the CdS/ZnO heterostructure by the SILAR method. *Applied Physics A*, 129(7), 499.
- Suchikova, Y., Kovachov, S., Bohdanov, I., Popova, E., Moskina, A., & Popov, A. (2023e). Characterization of  $Cd_xTe_yO_z/CdS/ZnO$  Heterostructures Synthesized by the SILAR Method. *Coatings*, 13(3), 639.
- Suchikova, Y.O., Kovachov, S.S., Shishkin, G.O., Pimenov, D.O., Lazarenko, A.S., Bondarenko, V.V., & Bogdanov, I.T. (2021b). Functional model for the synthesis of nanostructures of the given quality level. *Archives of Materials Science and Engineering*, 107(2).
- Suchikova, Y., Lazarenko, A., Kovachov, S., Usseinov, A., Karipbaev, Z., & Popov, A. I. (2022b). Formation of porous  $Ga_2O_3/GaAs$  layers for electronic devices. In 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). 01-04.
- Suchikova, Y., Shishkin, G., Bardus, I., Bohdanov, I., Skurska, M., & Starostenko, K. (2021c). Training Prospective Nanotechnologists to Select Optimum Solutions for the Nanostructures Synthesis Using the Analytic Hierarchy Process. *TEM Journal*, 10(4).
- Suchikova, Y., & Tsybuliak, N. (2023). Universities without walls: global trend v. Ukraine's reality. *Nature*, 614. <https://doi.org/10.1038/d41586-023-00380-y>
- Suchikova, Y., Tsybuliak, N., Lopatina, H., Popov, A., Kovachov, S., Hurenko, O., Bogdanov, I. (2023f). Is science possible under occupation? Reflection and coping strategy. [Special issue]. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 7(2), 314–324. <https://doi.org/10.22495/cgobrv7i2sip10>
- Suchikova, Y., Tsybuliak, N., Lopatina, H., Shevchenko, L., & Popova, A. (2023g). Science in times of crisis. How does the war affect the performance of Ukrainian scientists? *Problems and Perspectives in Management*, 21(1), 408-424. [https://doi.org/10.21511/ppm.21\(1\).2023.35](https://doi.org/10.21511/ppm.21(1).2023.35)
- Suchikova, Y. O., Bogdanov, I. T., & Kovachov, S. S. (2019). Influence of current density of anodizing on the geometric characteristics of nanostructures synthesized on the surface of semiconductors of A3B5 group and silicon. *Functional Materials*, 27(1), 29-34.
- Şenel Zor, T., & Aslan, O. (2018). The effect of activity-based nanoscience and nanotechnology education on pre-service science teachers' conceptual understanding. *Journal of Nanoparticle Research*, 20(3). <https://doi.org/10.1007/s11051-018-4182-x>