

## СТВОРЕННЯ ОСВІТНІХ НАНОКЛАСТЕРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЧЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В ШКОЛАХ ТА ВНЗ

Степан ВЕЛИЧКО, Іван МОРОЗ,  
Олександр СТАДНИК, Олена ЗАВРАЖНА

*У статті зазначається, що нанотехнології є основою чергової технологічної революції і запорукою переходу до нового VI економічного укладу, тому розвиток nanoосвіти є важливою складовою заходів з підвищення якості професійної підготовки кадрів для всіх без виключення галузей промисловості та вищої освіти України. Аналіз сучасного стану фізико-математичної, природничої та технічної освіти в Україні показує значне відставання у вивченні сучасних проривних технологій, зокрема - нанотехнологій у школах та ВНЗ. Розглядається ряд проблем різного рівня, розв'язання яких забезпечить перехід освіти та промисловості до норм сучасності.*

*The article shows that nanotechnology is the basis for the next technological revolution, and the key to the transition to a new economic structure VI, so the development of nanostructures is an important part of measures to improve the quality of vocational training for all, without exception, industries and higher education in Ukraine. Analysis of the current state of physics and mathematics, natural and technical education in Ukraine shows a significant gap in the study of modern advanced technologies, in particular - of nanotechnology in schools and universities. We consider a number of problems of different levels, a solution that will ensure the transition of education and industry to the standards of the modern world.*

**Постановка проблеми.** Розвиток наукоємних галузей виробництва займає особливе місце в пріоритетах індустріальної держави. Загально визнаним лідером розвитку світової економіки на сучасному етапі вважається наноіндустрія. Її розвиток є одним з індикаторів перспектив конкурентоздатності країн в галузі високих технологій, оскільки суттєво впливає на внутрішній валовий продукт та динаміку його росту. За оцінками фахівців, ринок нанотехнологічної продукції та послуг до 2015 року буде становити близько 1,5 трильйона доларів.

Недостатня увага до розвитку nanoосвіти в Україні, запізнення з упровадженням сучасних досягнень нанонауки в промисловість може привести до технологічної деградації економіки України, скорочення частки продукції сучасного п'ятого технологічного укладу. Отже, аналіз сучасного стану nanoосвіти в Україні, можливостей та проблем її розвитку є однією із найбільш актуальних проблем сучасної вищої освіти в нашій державі.

**Як показує аналіз літературних джерел,** освітні професійні програми з нанонауки та нанотехнології запроваджено у навчальний процес багатьох країн світу і вони розраховані на різні рівні освіти – від молодших школярів до студентів університетів [2,3].

Позитивний досвід демонструє, наприклад, Центр нанотехнологій в коледжах Пенсильванії [7]. Для знайомства з азами нанотехнології там використовуються веб-трансляції, відео окремих навчальних модулів, проводяться літні нанотабори для старшокласників по всій Пенсильванії, які дають їм знання про основні нанопроцеси, а також надається можливість безпосередньо спостерігати нанотехнологічні процеси, і, що на нашу думку дуже важливо, демонструються ресурси, пов'язані з кар'єрою в нанотехнологічній галузі.

Більшість університетів Японії займаються нанотехнологіями в рамках наотехнологічного кластера та нанотехнологічної платформи [8], вони активно залучаються не лише до наукових досліджень, але і до комерціалізації розробок.

При цьому варто наголосити і констатувати, що у деяких вишах України теж готують фахівців за спеціальністю мікро- та наноелектроніка, а також за іншими напрямками, пов'язаними з нанотехнологіями. Однак на наш погляд, слід погодитися із думкою, що навіть виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали», дія якої завершена в 2014 році [1], не внесло яких-небудь суттєвих змін як у освітню галузь, так і в упровадженні сучасних досягнень нанотехнологій у промисловість.

**Мета статті** полягає в приверненні уваги МОН України, керівників регіонів та промислових підприємств, освітніх закладів, зокрема викладачів кафедр фізики, хімії, біології, інформатики до необхідності вивчення нанотехнологій в школах та ВНЗ, а також виокремлення виняткової актуальності проблеми розвитку методичного забезпечення нанонауки і nanoосвіти та створення її інфраструктури і пошуку можливостей впровадження і комерціалізації її результатів.

**Виклад основного матеріалу.** Властивості наноматеріалів істотно відрізняються від властивостей класичних макроматеріалів, які добре вивчені і значною мірою вичерпали свій ресурс розвитку. Найважливішими особливостями наноматеріалів є відносно велике число атомів на поверхні (межі розділу) і квантово-розмірні ефекти.

На міжнародному рівні можна виділити кілька визначень нанотехнології, які є найбільш вживаними (табл. 1).

Таблиця 1.

Основні визначення поняття нанотехнології

№	Організація	Запропоноване визначення
1	VII Рамкова програма ЄС (2007-2013)	Отримання нових знань про явища, властивості яких залежать від інтерфейсу і розміру; управління властивостями матеріалів на нанорівні для отримання нових можливостей їх практичного застосування; інтеграція технологій на нанорівні; здатність до зборки; нанодвигуни; машини і системи; методи і інструменти для опису і маніпулювання на нанорівні; хімічні технології нанометрової точності для виробництва базових матеріалів і компонентів; ефект щодо безпеки людини, охорони здоров'я та охорони навколишнього середовища; метрологія, моніторинг і зчитування, номенклатура і стандарти; дослідження нових концепцій і підходів для практичного застосування в різних галузях, включаючи інтеграцію і конвергенцію з новими технологіями
2	США: Національна нанотехнологічна ініціатива (2001)	Нанотехнологія – це розуміння і управління матерією на рівні приблизно від 1 до 100 нм, коли унікальні явища створюють можливості для незвичайного застосування. Нанотехнологія охоплює природні, технічні науки і є технологію нанометрової шкали, включаючи одержання зображень, вимірювання, моделювання та маніпулювання матерією на цьому рівні.

Нанотехнології у найбільш розвинутих країнах вже пройшли етап зародження і зараз знаходяться на етапах росту та вдосконалення. На перспективу намічено план дій для всебічного вивчення нанотехнологій від шкільного рівня до рівня ВНЗ і протягом всього життя. При цьому кожен елемент інфраструктури може виконувати свої задачі, з урахуванням напрямків розвитку нанотехнологій (рис. 1).

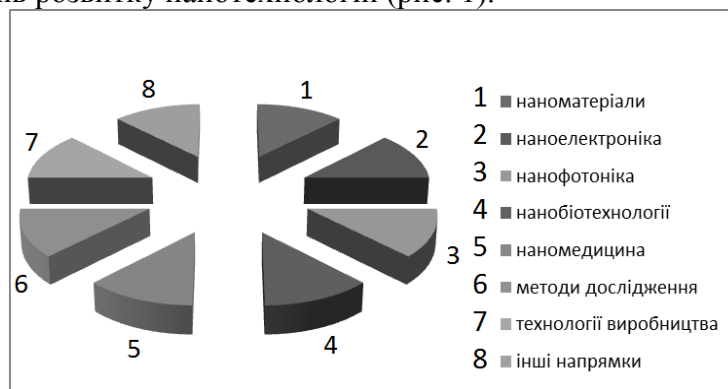


Рис.1. Загальна структура класифікації напрямків нанотехнологій.

Успішне вивчення та впровадження нанотехнологій в Україні, на наш погляд, пов'язане з вирішенням цілого ряду проблем різного рівня, серед яких найбільш важливими є наступні.

1) **Критичне відставання технологічного рівня** наших підприємств та продукції, яку вони випускають, від рівня підприємств країн - лідерів.

Провідні позиції з багатьох напрямків формування нового технологічного укладу належать США. В економіці США, наприклад, частка IV технологічного укладу складає 20%, V - 60%, близько 5% вже припадає на VI технологічний уклад [4].

В економіці України домінують III та IV технологічні уклади (табл.2) [5]. Одна з причин нашого відставання полягає в тому, що якість підготовки фахівців не відповідає реальним потребам глобального ринку.

Таблиця 2.

Показники за технологічними укладами в Україні, 2010 р. [5].

Показники	Технологічні уклади			
	3-й	4-й	5-й	6-й
Обсяг виробництва продукції	57,9%	38%	4%	0,1%
Фінансування наукових розробок	6%	69,7%	23%	0,3%
Витрати на інновації	30%	60%	8,6%	0,4%
Інвестиції	75%	20%	4,5%	0,5%
Вкладення капіталу на технічне переозброєння і модернізацію	83%	10%	6,1%	0,9%

2) **Гострий брак висококласних фахівців наноіндустрії**, як для розвитку нанонауки, вивчення її в школах та ВИШах, так і для комерціалізації результатів. Очевидно, що наноіндустрії потрібні нові кадри. Для цього важливо починати роботу з майбутніми кадрами не з ВНЗ, а зі школи. Але при існуючій зараз системі освіти це виявляється складним, бо ще й досі у наших в педуніверситетах вчителів фізики учать як і фізиків, учителів хімії - як і хіміків і т.п. Але ж нанотехнології мають міждисциплінарний характер. Тому треба кардинально змінювати методику навчання, а основну роль у розвитку нанотехнологій в Україні покладати як на змістову, так і на процесуальну складову навчального процесу в усіх університетах, включаючи і педагогічні.

Значний вклад у розвиток нанонауки та технологій вносять Європейські університети (рис. 2)

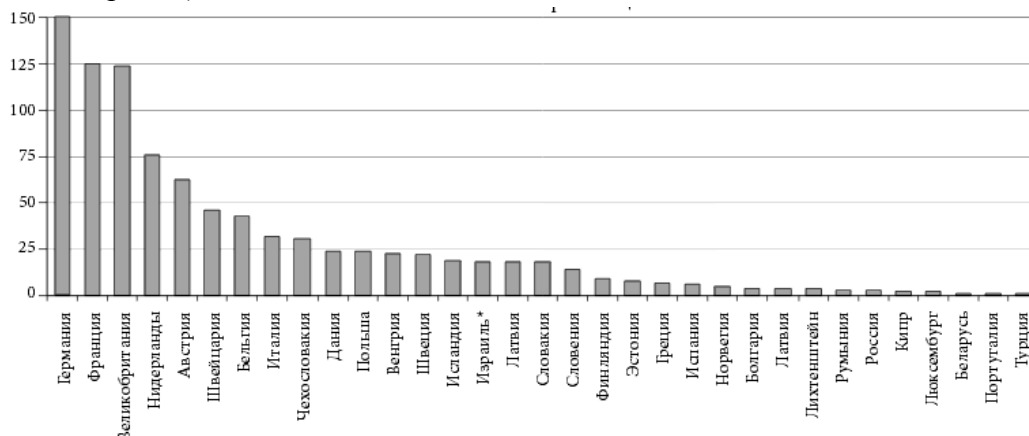


Рис.2. Європейські університети і інститути, які займаються нанотехнологіями [9]

За спеціальною програмою фінансують нанонауку та нанотехнології освітні програми за участю ВНЗ у ряді європейських країн.

Велику роль в практичному розвитку та застосуванні нанотехнологій відіграють також відповідні міністерства. Так, наприклад, повчальним є досвід міністерств в США у розробці та використанні нанотехнологій [3]. Міністерство оборони (DoD) [10] зацікавлене в нанорозробках для систем захисту від хімічної і біологічної зброї; в нових якісних матеріалах для різних озброєнь; нових комп'ютерних і телекомунікаційних технологіях; надмініатюрних засобах пересування і мініатюрних супутниках. Міністерство енергетики (DoE) зацікавлене в просуванні водневої енергетики, зокрема, у виробництві наноматеріалів для систем зберігання водню. Міністерство транспорту (DoT) зацікавлене в просуванні технології міцних конструкційних наноматеріалів, в технологіях виробництва бітумів і цементів з використанням наночасток. Національне аерокосмічне агентство (NASA) фінансує розробки нових міцних і легких матеріалів, а також приладів і сенсорів, які споживають малі потужності і працюють з високою надійністю в умовах космосу при високому рівні радіації.

На наш погляд, голови регіонів України спільно з науковцями підприємствами-лідерами регіону могли б визначити перспективні потреби в сучасних кадрах і ініціювати пілотний проект у сфері підготовки фахівців для наноіндустрії. При цьому в педагогічних університетах могли б бути започатковані та розвиватись регіональні центри nanoосвіти для потреб навчальних закладів різного рівня, а також для просвітницької та науково-методичної роботи.

**3) Не достатньо розвинена інфраструктура** для практичного вивчення нанотехнологій. Зокрема обмежене використання наявного обладнання та устаткування на відповідних кафедрах ВНЗ та практично відсутні спільні кафедри ВНЗ та підприємств для ефективного використання унікального обладнання.

Сучасне навчальне обладнання з нанотехнологій відносно дороге та наукоємне. Наприклад, комплекс з нанотехнології NanoEducator-6 [6] містить шість скануючих зондових мікроскопів та призначений для викладання основ нанотехнологій. Вивчення нанотехнологій можна розпочати з використання наявного обладнання на відповідних

кафедрах ВНЗ. Наприклад, кафедра фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету (СумДПУ) імені А.С. Макаренка має наукові лабораторії: електронної мікроскопії, рентгеноструктурного аналізу, маспектрометрії, композиційних матеріалів, вакуумної техніки, інноваційних методів навчання з обладнанням, достатнім для початку робіт з наноосвіти.

**4) Не створені освітні нанокластери.** Кластер «Наноосвіта» можна також назвати кластером запозичення і гармонізації передового педагогічного досвіду, що є обов'язковою умовою конкурентоспроможності освіти взагалі. Без взаємодії з промисловим співтовариством ВНЗ не в змозі адекватно оцінити і спрогнозувати зміни кон'юнктури ринків праці та освітніх послуг.

Зарубіжний досвід показує, що корпоративна взаємодія університетів і підприємств є економічно вигідною для всіх його суб'єктів. Зауважимо також, що деякі університети пішли шляхом об'єднання своїх матеріально-технічних, інформаційних та кадрових ресурсів.

Зрозуміло, що в епоху переходу до більш високого технологічного укладу, в якому домінуючим є розвиток нанонауки і впровадження її результатів, фахівці, яких випускають ВНЗ, повинні бути підготовлені в області нанотехнологій. На жаль, у наш час більшість викладачів ВИШів прагнуть спочатку навчати студентів своїй дисципліні на рівні бакалавра (фізика, хімія, біологія і т.п.). На наш погляд, більш перспективною є широка міждисциплінарна базова підготовка у різних напрямках, включаючи нанонауки, а вже згодом - подальша спеціалізація у певній галузі застосування.

**5) Відсутні моделі наноосвіти,** тобто реально існує велике відставання вивчення сучасних проривних технологій, зокрема – нанотехнологій, у школах та ВНЗ. Модель наноосвіти, спираючись на нові освітні технології, повинна складатися з гнучких і міждисциплінарних модулів, спрямованих для навчання кваліфікованих робітників.

Учитель нового покоління повинен бути фахівцем у різних предметних галузях. У педуніверситетах доцільно відкрити відділення магістратури для вчителів-методистів, управлінців в освіті і для перепідготовки вчителів з глибоким вивченням основ нанонаук і нанотехнологій, оскільки це питання не може бути вирішене в рамках компетенцій інститутів післядипломної лише педагогічної освіти.

Зауважимо, що наукові дослідження в галузі нанотехнологій виконуються викладачами кафедри в рамках держбюджетної теми.

### **Висновки та перспективи подальших наукових розвідок.**

1. Для зменшення відставання технологічного рівня наших підприємств та їхньої продукції доцільно створювати спільні кафедри з провідними підприємствами регіону для використання наявного і придбання нового унікального обладнання, виконання досліджень на їх замовлення.

2. Вирішенню проблеми браку висококваліфікованих фахівців в галузі наноіндустрії сприятиме створення в регіоні освітньо-виробничого кластера «Наноіндустрія» та розробки в кожному регіоні Програми (плану дій, дорожньої карти) розвитку нанотехнологій.

3. Враховуючи міждисциплінарний характер нанотехнологій, доцільно внести відповідні зміни в програми підготовки учителів природничих дисциплін (фізики, хімії, біології та ін.).

4. Потрібен аналіз потреб і можливостей підприємств регіону з подальшим виходом їх на перспективні міжнародні ринки нанотехнологій. Доцільно в педагогічних вишах, спільно з Інститутами НАНУ та Управліннями освіти, відкрити нові, додаткові спеціальності магістратури: "Нанотехнології" для перепідготовки вчителів фізики, хімії, біології, а також інженерно-технологічних фахівців профільних промислових підприємств. Важливим також видається створення навчально-наукового центру з наноматеріалів і нанотехнологій для потреб шкіл міста, області, регіону, а також для ведення просвітницької та науково-методичної роботи.

5. У сфері наноіндустрії покласти на педагогічні університети місію по створенню освітніх нанокластерів і центрів колективного користування науковим обладнанням, з інтеграції наукової та освітньої діяльності на всіх рівнях вищої і післядипломної освіти з метою виконання досліджень високого рівня для потреб регіону і країни, забезпечення взаємодії з академічними та галузевими секторами науки, міжвузівськими комунікаціями, таким чином сприяючи формуванню єдиної технологічної культури нового покоління.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010-2014 рр.
2. ([http://www.nas.gov.ua/UA/Sites/program/Pages/default.aspx?ffn1=ID\\_Prog&fft1=Eq&ffv1=11\\_28102009\\_1231pkmy](http://www.nas.gov.ua/UA/Sites/program/Pages/default.aspx?ffn1=ID_Prog&fft1=Eq&ffv1=11_28102009_1231pkmy)).
3. Ineke Malsch. Nano-education from a European perspective. // Journal of Physics: Conference Series 100 (2008) 032001.
4. Булакіна М.Б., Денисюк А. И., Кривошеев А.О. Обзор зарубежного опыта по подготовке кадров в области нанотехнологий: Методическое пособие для преподавателей и аспирантов. – СПб: СПбГУ ИТМО. – 2009. – 92 с.
5. Каблов Е. Н. Шестой технологический уклад // Наука и жизнь. – 2010. – №4.
6. Василенко В. Технологические уклады в контексте стремления экономических систем к идеальности [Електронний ресурс] /В. Василенко// Соціально-економічні проблеми і держава. — 2013. — Вип. 1 (8). — С. 65-72.
7. Schwarzer, Stefan; Akaygun, Sevil; Sagun-Gokoz, Berra; Anderson, Sünne; Blonder, Ron. Using Atomic Force Microscopy in Out-of-School Settings.// Two Case Studies Investigating the Knowledge and Understanding of High School Students. pp. 10-27(18).
8. <http://www.nano.gov/education-training/teacher-resources>.
9. Andrej Žagar. Nanotech Cluster and Industry Landscape in Japan. //( <http://www.eu-japan.eu/sites/eu-japan.eu/files/NanotechInJapan.pdf>)
10. А. Хульман. Экономическое развитие нанотехнологий: обзор индикаторов. // Форсайт.– 2009. –№1 (9).– С. 31–32.
11. Defense Nanotechnology Research and development Program. ([http://www.nano.gov/sites/default/files/pub\\_resource/dod-report\\_to\\_congress\\_final\\_1mar10.pdf](http://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/dod-report_to_congress_final_1mar10.pdf)).

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Величко Степан Петрович** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка.

**Мороз Іван Олексійович** – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка.

**Стадник Олександр Дмитрович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка.

**Завражна Олена Михайлівна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка.

*Коло наукових інтересів:* проблеми методики навчання фізики.