

УДК 666.97.03

Приступа С.О. к.т.н. Карпюк В.О. магістрант

Луцький національний технічний університет

**РОЗВИТОК СФЕРИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ТА НАНОМАТЕРІАЛІВ В УКРАЇНІ**

*Стаття присвячена важливій науково-технічній проблемі становлення наоіндустрії в Україні, що є життєво важливою сферою промисловості держави без якої неможливий майбутній розвиток будь-якої галузі народного господарства. В статті також розглянутий комплекс заходів вітчизняної наоіндустрії, який передбачає подальший розвиток даної галузі і встановлено, що першим найважливішим кроком до вирішення цієї проблеми є створення відповідної нормативно-правової бази.*

**Ключові слова:** нанотехнології, наноматеріал, наоіндустрія, ринок нанотехнологій.

На початку ХХІ ст. слова «нанотехнологія», «наоіндустрія», стали широко використовуватися практично у всіх сферах діяльності людини. Вважають, що термін «нанотехнології» вперше ввів в 1974 р японський дослідник Танігуті.

Приставка «нано» означає одну мільярдну частку чогось. Так, нанометр (нм) - це мільярдна частина метра, що відповідає приблизно розміром атомів, від взаємного розташування і кількості яких залежить вигляд тої чи іншої речовини, а також його властивості.  $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$  і становить 10А ( $1 = 10 \text{ нм Л}$ ). Нанотехнології притаманні розміри від 1 до 100 нм.

Не зайвим буде пам'ятати, що всі органічні речовини, віруси, бактерії, тварини і люди створені всього з трьох найменувань атомів (з невеликими добавками) - вуглецю, кисню і водню. Все залежить від форми кристалічної решітки або структури хімічної молекули, що містить атоми. Дійсно, одні і ті ж атоми вуглецю в одній структурі утворюють м'який графіт, а в іншій - вірець твердості - алмаз. Вчені кажуть: «Тверде тіло - це не те, що відчувається твердим, а то, що має впорядковану структуру».

З того часу як нобелівський лауреат з фізики Ричард Фейнман у 1959 році оголосив ідею того, що для атомів і елементарних частинок "внизу повним-повнісінько місця" ("there's plenty of room at the bottom"), пройшло майже 40 років і за цей час більшість розвинених країн світу ініціювали програми, які привели до появи інноваційних технологій в галузі фізико-хімічного матеріалознавства, що використовують і моделюють нові речовини на нано масштабному, атомарному і молекулярному рівнях [5]

У багатьох країнах ведеться розробка стандартів, що стосуються нанотехнологій. Наприклад, в Міжнародній організації зі стандартизації (ISO), яка об'єднує 157 національних Організацій, в 2005 р був створений Технічний комітет з розробки стандартів для нанотехнологій (ISO / TC 229), в тому числі в галузі термінології.

Нано – десяткова (приставка в перекладі з грецької Nanos – «карлик»), що означає одну мільярдну частину будь-якої величини.

Наномасштаб передбачає порядок розмірів між 1 і 100 нанометрів ( $1 = 10^{-9} \text{ нм} = 10^{-6} \text{ м}$   $\text{мм} = 10^{-3} \text{ мкм}$ ).

Верхня межа діапазону обумовлена тим, що істотні зміни властивостей матеріалів починаються при розмірах структурних елементів менше 100 нм. Нижня межа діапазону обумовлена критичним розміром нанокристалічного матеріалу як структурного елементу, що має упорядковану будову, тобто кристалічну решітку (наприклад, для заліза ця межа становить 0,5 нм).

Термін «наноматеріали» є об'єднуючим і включає в себе велику групу різних матеріалів – нанокристалічних, нанофазних, нанокомпозитних, нанопористих, а також нанокластери, наночастинки, нанопорошки, нанопокриття, фулерени, нанотрубки і т.д.

На сьогоднішній день саме нанотехнології стають з'єднуючою ланкою між іншими революційними технологічними напрямками, які виникли за останні 20–30 років: комп'ютерної революції останньої третини ХХ століття, біотехнологічної революції останнього десятиліття минулого століття та бурхливого прогресу когнітивної науки на початку ХХІ століття.

Особливості наноматеріалів полягають в тому, що речовини набувають нових і унікальних фізико-хімічних властивостей, коли їх розмір стає манометричним. Нанонаука вивчає наноматичні речовини на атоловому, одномолекулярному і багато молекулярному рівні з ціллю, щоб зрозуміти і використати властивості цих речовин для потреб суспільства

Наноматеріали створюються і реалізуються виробникам кінцевої продукції в усіх

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

індустріальних секторах економіки. Сьогодні нанотехнології використовуються у виробництві як мінімум 80 груп споживчих товарів і понад 600 видів сировинних матеріалів, комплектуючих виробів і промислового устаткування (табл. 1)

Таблиця 1

### Потенційні сфери застосування нанотехнологій

Сфера	Метод "знизу нагору"	Метод "зверху вниз"
Медицина	Покриття для імплантантів, антимікробні покриття	Сенсори, "лабораторії-на-чипі"
Охорона довкілля	Засоби збору забруднюючих речовин, очищення води й повітря, керамічні мембрани	Матеріали для сонячних панелей
Енергетика	Компоненти для ядерних реакторів, кабелі для ліній електропередач	Покриття і матеріали для контейнерів з радіоактивними в панелях і відходами спалювання викопного палива
Космонавтика	Покриття й матеріали для елементів фізеляжу	Матеріали для двигуна й сонячних
Автомобілебудування	Антикорозійні покриття, вікна, покришки, запальвальники	Електроди для свинцевих акумуляторів
Озброєння	Броня, боєприпаси й покриття для них	Компоненти двигунів
Промислові покриття	Безпечні для навколишнього середовища покриття (замінники хрому, кадмію й берилію), магнітні покриття	Антикорозійні покриття
Споживчі товари	Спортивне спорядження, настільні й портативні комп'ютери, телевізори, косметика	Компоненти аудіо систем

Нанотехнології та їх продукти насамперед використовуються для створення наноматеріалів. Термін "наноматеріали" охоплює велику групу різних матеріалів (наноструктурні, нанофазні, нанопористі, нанокомпозитні, а також нанопорошки, нанотрубки, нанокапсули, нановолокна, наночастинки, наноплівки тощо), одержаних на основі нанотехнологій. [ 2]

На отриману із застосуванням нанотехнологій продукцію у 2015 р. припадає близько 0,5–0,7% світового ВВП і спостерігається тенденція до її подальшого росту. [4,5]

Найбільшими споживачами нанотоварів є компанії з охорони навколишнього середовища (56% загального обсягу ринку), електроніки (20,8%) та енергетики (14,1%)

В Україні розвитку нанотехнологій і створенню нових матеріалів приділяється значна увага. Було започатковано низку програм та ініційовано дослідницьких проектів з розвитку вітчизняної нанотехнологічної сфери. Однак на даний час в нашій країні, поки що, відсутній єдиний нормативно-правовий документ, який регламентував би основні параметри, цілі та напрями розвитку нанотехнологічної сфери. Крім того, вітчизняне інституційне середовище розвитку нанотехнологій характеризується відсутністю єдиного постійнодіючого державного органу, відповідального за забезпечення спадкоємності етапів і довгострокове функціонування на цій основі наноіндустрії в Україні. [1, 2]

Саме тому, був створений комплекс заходів вітчизняної наноіндустрії, який передбачає [5] попередню підготовчу роботу в період до 2020 року і базується на таких діях:

#### 1. Організаційні заходи, що включають:

- формування на пріоритетній основі списку першочергових пріоритетних напрямів досліджень у сфері нанотехнологій в Україні, які можуть бути ефективно і у досить короткий час розвинуті вітчизняними фахівцями;
- розробка плану першочергових заходів, підготовка кошторисної вартості можливих витрат і робіт, чіткий календарний план за етапами робіт, перелік необхідного нового матеріально-технічного обладнання;
- розробка системи ефективного контролю виконання конкретних заходів, плану формування національної нанотехнологічної мережі установ.

#### 2. Технічні заходи, що включають:

- створення та оновлення технопарку країни за рахунок закупівель на ринках вітчизняного і зарубіжного устаткування, і за рахунок розробки і створення нового дослідно-технологічного і метрологічного устаткування;

## ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

- створення національного науково-технологічного агентства наноматеріалів;
- створення національного науково-дослідного центру медицини нанотехнологій;
- створення національного науково-дослідного центру охорони навколишнього середовища і ризиків нанотехнологій;
- створення центрів колективного користування унікальним устаткуванням, щоб в будь-якому регіоні можна було знайти дослідницьку установку світового рівня, з можливістю використання устаткування у дослідженнях будь-якою успішною/визнаною групою вітчизняних фахівців, будь-якої навчально-наукової установи;
- оснащення вищих навчальних закладів, що беруть участь в підготовці наукових і науково-педагогічних кадрів для високотехнологічних секторів економіки в галузі нанотехнологій сучасним спеціальним науково-технологічним устаткуванням колективного користування;
- ведення суворого контролю за технологічним режимом дослідження і виробництва наноматеріалів;
- розробка способів утилізації нанотехнологічної продукції при припиненні або відсутності збуту.

### 3. Кадрові заходи:

- відкриття нових спеціальностей та спеціалізації в галузі нанонаук у навчально-наукових установах країни з метою підготовки нового покоління фахівців, що володіють знаннями і уміннями в нових галузях науки і техніки;
- забезпечення безперервного освітнього циклу в галузі нанотехнологій;
- виконання робіт з метою адаптації вітчизняних учених і фахівців в галузі наноіндустрії до відповідного устаткування, що купується;
- проведення навчання і підвищення кваліфікації і перепідготовки на виробництві персоналу, що буде здійснювати експлуатацію об'єктів нанотехнологій.

### 4. Інформаційно-аналітичні заходи:

- створення системи збору і аналізу інформації, необхідної для аналізу світових і вітчизняних досягнень і ризиків нанотехнологій та оптимального управління ними;
- створення матеріально-технічної бази і відповідного кваліфікованого персоналу;
- інформування населення щодо нових нанотехнологій і ризиків нанотехнологій;
- моніторинг науково-технічного, виробничого і ринкового потенціалу, аналіз технологічної готовності впровадження нанотехнологій.

### 5. Договірні-правові заходи:

- розробка системи управління власністю;
- розробка національної системи забезпечення єдності вимірювань, системи стандартизації і оцінки відповідності в галузі нанотехнологій і наноматеріалів, узгоджену з міжнародними стандартами;
- підготовка нових видів договорів, страхових полісів і юридичних документів, які б забезпечували умови для створення і розвитку наноіндустрії в Україні та оптимальний розподіл ризиків між учасниками ринку нанотехнологій.

### 6. Фінансові заходи:

- створення спеціального фонду розвитку нанотехнологій, колективних резервних фондів учасників ринку нанотехнологій і учасників ринку страхування.

### 7. Політичні заходи:

- створення системи інститутів приватно-державного партнерства;
- розробка системи аналізу і стимулювання попиту на продукцію наноіндустрії, спеціалізованої державної програми підтримки бізнесу в сфері нанотехнологій;
- створення системи підтримки експорту продукції наноіндустрії;
- контроль міжнародних контрактів з боку держави для того, щоб були дотримані гарантії учасників країн, де нанотехнології дали потужний імпульс розвитку країни і де відбулися страхові випадки або де нанотехнології призвели до катастрофічних результатів і негативних екологічних наслідків. [2,3]

Додержання цих умов створить гарантії потрібні для того, щоб вітчизняний ринок нанотехнологій був конкурентно спроможним. Для наступної ефективної реалізації вищенаведених заходів потрібна державна програма – Концепція створення і розвитку наноіндустрії України на 2020–2030 рр.

Із вище викладеного можна зробити висновок, що прикладні нанотехнології проникають в усі сфери життя, що дозволяє досягти істотних успіхів у всіх наукомістких технологіях, у тому числі в області обміну інформацією, охорони здоров'я, промисловості, матеріалознавстві та інших напрямках. Спектр об'єктів наноіндустрії простягається від ультра дисперсних середовищ до нано структурованих багаточарових матеріалів та кристалів, включаючи квантоворозмірні структури з розмірності локалізації.

Для того щоб сприяти розвитку і застосування цих технологій, необхідно забезпечити промисловість і дослідницькі організації відповідними нормативними документами. При міжгалузевому і міждисциплінарному характері нанотехнологій рішення цього завдання несе у собі об'єднуюче начало. До неї впритул примикає необхідність стандартизації термінів і визначень, яка спрямована на вирішення проблем спілкування і взаєморозуміння не тільки всередині однієї країни, але і в рамках обміну інформацією між раїнами. Специфіка нанотехнологій, зумовлена малими розмірами елементів і структур, призвела до розвитку нового напрямку – нанометрології, з якою пов'язані теоретичні та практичні аспекти метрологічного забезпечення єдності вимірювань. Нано метрологія присутня в переважній більшості методів і засобів забезпечення єдності вимірювань фізико-хімічних параметрів і властивостей об'єктів нанотехнологій, причому часто необхідне позиціонування вимірювального зонда пристрою у місце необхідного знімання інформації.

На даний час в Україні відсутня система метрологічних вимірювань у діапазоні менш як 1 мікрон, що не дає можливості вимірювати геометричні параметри нано об'єктів та перевіряти вимірювальне обладнання.

Звідси закономірний наслідок – необхідність атестованих і стандартизованих методик вимірювань, калібрування і повірки засобів вимірювань, що застосовуються у нанотехнологіях, і багато іншого, що визначається потребами розвитку інфраструктури наноіндустрії.

#### Інформаційні джерела

1. Інноваційна Україна 2020: національна доповідь / за заг. ред. В.М. Гейця та ін. ; НАН України. – К., 2015. – 336 с. : табл., рис.
2. Роко М. К. Конвергенция и интеграция // Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / за ред. Л. Фостер ; пер. з англ. – М. : Техносфера, 2008. – 352 с.
3. Уильямс Л., Адамс У. Нанотехнологии без тайн / пер. с англ. – М. : Эксмо, 2009. – 368 с.
4. Лавриненко И., Крюкова С. Нанопрогресс и нанопурга // Эксперт. –2010. – № 50. – С. 20–22.
5. Шірін'як А.С. Актуальні проблеми наноматеріалів і нанотехнологій. / А.С. Шірін'як, В.А. Макара \ \ Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології \ \.-200.-Т.8.№2.-С 223-269

**Приступа С.А.** к.т.н. **Карпюк В.О.** магистрант  
Луцкий национальный технический университет

#### РАЗВИТИЕ СФЕРЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ И НАНОМАТЕРИАЛОВ В УКРАИНЕ

*Статья посвящена важной научно-технической проблеме становления nanoиндустрии в Украине, что есть жизненно важной сферой промышленности государства, без которой невозможно будущее развитие любой отрасли народного хозяйства. В статье также рассматривается комплекс мероприятий отечественной nanoиндустрии, которые предусматривают дальнейшее развитие данной отрасли и установлено, что первым шагом к решению этой проблемы есть создание соответственной нормативно-правовой базы.*

**Ключевые слова:** нанотехнології, наноматеріал, nanoиндустрия, рынок нанотехнологій

**S. Prystupa V. Karpyuk**  
Lutsk National Technical University

#### DEVELOPMENT NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS IN UKRAINE

*The article is dedicated to important scientific and technical problem of the formation of the nanotechnology industry in Ukraine, there is a vitally important area of state industry, without which the future development of all sectors of the economy. The article also examines the complex of measures of national nanotechnology industry, which provide for further development of the industry and found that the first step to solving this problem is the creation of the regulatory framework appropriately*

**Keywords:** nanotechnology, nano-materials, nano-industry, nanotechnology market