

УДК 620.3+167

С. М. ІВАНОВ,  
доцент кафедри інформатики та обчислювальної техніки Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого, керівник Центру інформаційних технологій



В. В. КАРАСЮК,  
доцент кафедри інформатики та обчислювальної техніки Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого



## НАНОІНДУСТРІЯ ЯК УМОВА СТАНОВЛЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА В УКРАЇНІ

У статті проведений аналіз поняття нанотехнологій, позитивних і негативних сторін впровадження нанотехнологій, умов розвитку цих технологій в Україні. Розглянуто стан виконання державної цільової науково-технічної програми з нанотехнологій, проблеми розвитку та поширення нанотехнологій, наведені приклади підприємств України, які мають нанотехнологічні виробництва. Поставлене питання осмислення перспектив нанотехнологій для розвитку суспільства.

**Ключові слова:** інновації, нанотехнології, наноіндустрія, державна програма, нанотехнологічні підприємства, суспільні відносини.

**Вступ.** Швидкий розвиток передових технологій забезпечує інновації в суперстислих часових рамках – від картування геному людини до клонування, суперкомп'ютерів і Інтернету. Розвиток нових технологій вийшов за межі нашої здатності точно прогнозувати їхній вплив на економіку, бізнес та суспільство. Ми повинні підійти до цього виклику з новими прогнозними моделями, які зумовлені інноваційними технологіями, перш за все нанотехнологіями.

Формально під поняттям нанотехнології розуміють таке: нанотехнології [1] – сукупність процесів, що дозволяють створювати матеріали, пристрої і технічні системи, функціонування яких визначається наноструктурою, тобто її впорядкованими фрагментами розміром від 1 до 100 нм ( $10^{-9}$ м; розмір атомів, молекул). Грецьке слово «нанос» приблизно означає «гном». При зменшенні розміру частинок до  $100^{-10}$  нм і менших, властивості матеріалів (механічні, каталітичні і т. д.) істотно змінюються. Для порівняння, діаметр людської волосини складає близько 50 мкм і це у 50 000 разів більше, чим розмір 1 нм. Крім того, середній діаметр бактерії стрептококу становить близько 0,321 мкм, у той же час розмір атому водню є у діапазоні від 0,1 до 0,2 нм.

У Технічному комітеті ISO / ТК 229 під нанотехнологіями мається на увазі таке: знання та управління процесами в масштабі 1 нм, але не виключаються розміри менше 100 нм, в одному або більше вимірах, коли введення в дію розмірного ефекту приводить до можливості нових застосувань; використання властивостей об'єктів у нанометровому масштабі, які відрізняються від властивостей окремих атомів або молекул, а також від об'ємних властивостей речовини, що складається з цих атомів або молекул, для створення кращих матеріалів, приладів, що реалізують ці властивості.

У Технічному комітеті ISO / ТК 229 під нанотехнологіями мається на увазі таке: знання та управління процесами в масштабі 1 нм, але не виключаються розміри менше 100 нм, в одному або більше вимірах, коли введення в дію розмірного ефекту приводить до можливості нових застосувань; використання властивостей об'єктів у нанометровому масштабі, які відрізняються від властивостей окремих атомів або молекул, а також від об'ємних властивостей речовини, що складається з цих атомів або молекул, для створення кращих матеріалів, приладів, що реалізують ці властивості.

**Постановка проблеми.** Масштабне впровадження нових технологій і наноматеріалів приведе не тільки до технологічних змін у промисловості, сільському господарстві тощо, але і до певних змін соціальних відносин у суспільстві. Тому вельми актуальною є задача визначення позитивних і негативних сторін впровадження нанотехнологій, умов розвитку цих технологій в Україні. Окремо стоїть задача проведення аналізу нормативної бази і визначення умов, які могли б стимулювати перспективні роботи в напрямі нанотехнологій і дослідити їх вплив на соціальну сферу суспільства.

**Мета дослідження.** Головна мета даної роботи полягає у дослідженні сучасних тенденцій і досягнень у розвитку нанотехнологій в Україні і світі. Також необхідно проаналізувати проблеми і перешкоди, що стоять на шляху розвитку цих технологій. Додатковою метою роботи є дослідження впливу розвитку нанотехнологій на соціальну сферу країни.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є особливості сучасного стану нанотехнологій, оцінка перспектив їх застосування в Україні, позитивних і негативних сторін впровадження в промисловість і суспільне життя. Також об'єктом є аналіз нормативної бази розвитку нанотехнологій, огляд проблем у суспільстві, які когерентно виникають у зв'язку з поширенням цих технологій.

**Аналіз досліджень з проблеми розвитку нанотехнологій.** Зважаючи на великі очікування від нового технологічного укладу, що несуть у собі інноваційні технології, у науковій літературі є чимало праць, присвячених дослідженням цієї галузі. Слід зазначити, що напрям розробки молекулярних технологій і створення матеріалів з запрограмованими властивостями розвивається декілька десятиліть. Стрімкий розвиток цього напрямку останнім часом привів до інтенсивних досліджень науковців питань технологічного і соціального розвитку суспільства на основі нанотехнологій. Теоретичні і практичні аспекти нанотехнологій у своїх роботах розглядали такі вчені, як Р. Anderson, Т. Aoki, В. Балабанов, Е. В. Васютин, Y. Cheng, С. Глазьев, J. David, D. Guston, А. І. Єгоров, Н. Кобаясі, Г. В. Корнич, А. В. Крашенінников, М. Liao, В. Лук'янець, А. Maynard, Т. Ohgi, В. В. Погосов, М. Roco, S. Scheres, Д. Симонов, М. Taylor, Р. Фейнман, Н. Yamamoto, Б. А. Чумаченко, Р. Wenz та ін. У своїх роботах ці науковці розглядають питання, пов'язані із поняттям нанотехнологій, їх розвитком, практичним застосуванням, впливом на соціальну сферу. Але аналіз цих наукових праць показав, що наразі немає єдиної точки зору на різні аспекти розвитку нанотех-

нологій, також відсутня теоретична база щодо соціальної оцінки нанотехнологій і їх впливу на соціальний прогрес.

**Наноіндустрія та її технологічні особливості.** Нанотехнології є основою для створення та функціонування наноіндустрії. Наноіндустрія [2] – це інтегрований комплекс виробничих, наукових, освітніх і фінансових організацій різних форм власності, які здійснюють цілеспрямовану діяльність по створенню інтелектуальної та промислової конкурентоспроможної наукомісткої продукції з високим рівнем доданої вартості і раніше недосяжними техніко-економічними показниками, заснований на високому науково-освітньому потенціалі держави, прогресивних проривних і міждисциплінарних дослідженнях, науковій і економічно обґрунтованому практичному використанні нових нетрадиційних властивостей і функціональних можливостей матеріалів і систем різної фізико-хімічної та біологічної природи нанорозмірного рівня, що є проявом наномасштабних факторів. До наноіндустрії можна віднести ті виробництва, продукція яких має властивості, що можуть бути як макроскопічним проявом квантових закономірностей, так і внеском поверхневих атомів наночастинок в загальні властивості матеріалів і систем.

Нанотехнології та наука наноматеріалів мають потенціал, щоб забезпечити переваги в різних областях, таких як синтез нових матеріалів з полішеними властивостями, технології виробництва, інформаційні технології та електроніка, екологія та енергозбереження, нанобіологія, медичні техніка, транспорт, економіка і т. д. Малоімовірно, що є якийсь сегмент людського життя і діяльності, в якому нанотехнології не можуть бути застосованими. Нанотехнології також будуть впливати на психологію людей, а також їх розуміння світу, в якому вони живуть (сприйняття соціальних явищ, філософських поглядів і етичні міркування) [3; 4; 5]. За даними американського Національного інституту здоров'я, наномедицина включає застосування нанотехнологій в «дуже конкретних медичних втручаннях на молекулярному рівні, тобто для лікування захворювання і відновлення пошкоджених тканин, таких як кістки, м'язи і нерви» [7]. Фізичні і хімічні властивості матеріалів стають зовсім іншими, коли кількість атомів певних агломерацій значно знижується. Невелике число атомів дозволяє за рахунок різного позиціонування і відстані між ними робити домінуючими фізичні і хімічні властивості об'єкта [8; 9].

На щорічній зустрічі Американського фізичного товариства, ще в 1959 р., фізик, лауреат Нобелівської премії Річард Фейнман звернув увагу наукового співтовариства на майбутні можливості створення мате-

ріалів і пристроїв на атомному або молекулярному рівнях і в своїй промові він закликав досягнути цей інноваційний шлях. У його лекції зроблено висновок «Це той шлях розвитку, що не може бути обійденим» [10; 11].

**Наночастинки.** Сучасна тенденція до мініатюризації показала, що речовина може мати зовсім нові властивості, якщо взяти дуже маленьку частинку цієї речовини [1]. Так, наприклад, виявилось, що наночастинки деяких матеріалів мають дуже хороші каталітичні та адсорбційні властивості. Інші матеріали показують дивовижні оптичні властивості, наприклад, надтонкі плівки органічних матеріалів застосовують для виробництва сонячних батарей. Такі батареї значно дешевші і можуть бути механічно гнучкими. Вдається домогтися взаємодії штучних наночастинок з природними об'єктами нанорозмірів – білками, нуклеїновими кислотами та ін. Ретельно очищені наночастинки можуть самовбудовуватися в певні структури. Така структура містить впорядковані наночастинки і також часто проявляє незвичайні властивості. Нанооб'єкти поділяють на 3 основні класи: тривимірні частинки, двовимірні об'єкти та одновимірні об'єкти – вискери.

**Самоорганізація наночастинок.** Одне з найважливіших питань, що стоять перед нанотехнологією, – як змусити молекули групуватися певним способом, самоорганізуватися, щоб у результаті отримати нові матеріали або пристрої [3]. Цією проблемою займається супрамолекулярна хімія. Вона вивчає не окремі молекули, а взаємодії між молекулами, які, будучи організованими певним способом, можуть дати нові речовини. Обнадіює те, що в природі дійсно існують подібні системи і здійснюються подібні процеси. Так, відомі біополімери, здатні організуватися в особливі структури. Один із прикладів – білки, які не тільки можуть згортатися в глобулярну форму, а й утворювати комплекси – структури, що включають кілька молекул протеїнів (білків). Вже існує метод синтезу, який використовує специфічні властивості молекули ДНК.

**Проблема утворення агломератів.** Наночастинки мають одну властивість, яка дуже заважає їх використанню. Вони можуть утворювати агломерати, тобто злипатися один з одним [3]. Оскільки наночастинки є перспективними в галузях виробництва кераміки, металургії, цю проблему необхідно вирішувати. Одне з можливих рішень – використання речовин – дисперсантів, нерозчинних у воді.

**Коротка історія нанотехнології.** Батьком нанотехнології можна вважати грецького філософа Демокріта [4]. Близько 400 р. до н. е. він уперше для опису найменшої частки речовини почав ви-

користовувати слово «атом» (з грецької – «неподільний»).

1905 рік. Швейцарський фізик Альберт Ейнштейн опублікував працю, в якій доводив, що величина молекули цукру становить приблизно 1 нанометр.

1931 рік. Німецькі фізики Макс Кнолл і Ернст Руска створили електронний мікроскоп, що вперше дозволив досліджувати нанооб'єкти.

1959 рік. Американський фізик Ричард Фейнман уперше опублікував працю, у якій оцінювалися перспективи мініатюризації.

1968 рік. Альфред Чо і Джон Артур, співробітники наукового підрозділу американської компанії Bell, розробили теоретичні основи нанотехнології при обробці поверхонь.

1974 рік. Японський фізик Норіо Танігучі ввів у науковий обіг слово «нанотехнології» (від грецького слова «нанос»), яким запропонував називати механізми, розміром менші за один мікрон.

1981 рік. Німецькі фізики Герд Бінніг і Генріх Рорер створили мікроскоп, здатний показувати окремі атоми.

1985 рік. Американські фізики Роберт Керл, Гарольд Крото і Ричард Смайлі створили технологію, що дозволяє точно вимірювати предмети діаметром в один нанометр.

1986 рік. Нанотехнологія стала відома широкому загалові. Футуролог Ерк Дрекслер опублікував книгу, в якій передбачав, що нанотехнологія незабаром почне активно розвиватися.

1989 рік. Дональд Ейглер, співробітник компанії IBM, виклав назву своєї фірми атомами ксенону.

1998 рік. Голландський фізик Сез Деккер створив транзистор на основі нанотехнологій.

1999 рік. Американські фізики Джеймс Тур і Марко Рід визначили, що окрема молекула здатна поводитися так само, як молекулярні ланцюжки.

2000 рік. Адміністрація США підтримала Національну ініціативу в галузі нанотехнології (National Nanotechnology Initiative, NNI). Нанотехнологічні дослідження одержали державне фінансування. З федерального бюджету було виділено 500 млн доларів. У 2002 р. сума асигнувань була збільшена до 604 млн доларів.

2003 рік. Конгрес США прийняв акт досліджень і розвитку нанотехнологій у XXI столітті (PL 108-153). Наомі Халас, Дженніфер Вест, Ребека Дрезек, і Рената Паскуалін в Університеті Райса розробили золоті нанооболонки, які при відповідних «настроюваннях» розмірів для поглинання інфрачервоного світла служать платформами для комплексного виявлення, діагностики та лікування раку грудей без

хірургічної біопсії, хірургічного втручання, руйнівного випромінювання або хіміотерапії.

2004 рік. Європейська Комісія ухвалила комюніке «Європейська стратегія з нанотехнологій», в якому пропонується інституціоналізація європейської нанонауки і нанотехнологій. Королівське товариство Великобританії і Королівська інженерна академія опублікувала дослідження «нанонаука та нанотехнології: можливості та невизначеності».

2004 рік. В університеті Олбані SUNY була запущена перша освітня програма в Сполучених Штатах на рівні коледжу в області нанотехнологій, коледж нанорозмірних наук і техніки.

2005 рік. Ерік Уїнфрі і Пол Ротемунд з Каліфорнійського технологічного інституту розробили теорії для реалізації обчислень на основі ДНК і методів «алгоритмічної самозборки», в яких обчислення є вбудованими в процесі росту нанокристалів.

2006 рік. Джеймс Тур і його колеги в Університеті Райса створили нанорозмірний фенілен етініленовий з алкінільними осями і чотирма сферичними фулеренами C<sub>60</sub>. Відповідно до підвищення температури «наноавто» переміщалося на золотій поверхні в результаті обертів коліс (фулеренів), як і в звичайному автомобілі. При температурах вище 300°C він рухався занадто швидко для хіміків, щоб відслідковувати його.

2007 рік. Анжела Белчер і її колеги з Массачусетського технологічного інституту побудували літій-іонний акумулятор на основі загального типу вірусу, який є безпечним для людини, використовує недорогий та екологічно безпечний процес. Батареї мають таку саму потужність і енергетичну ефективність, як і акумулятори, що використовуються для живлення гібридних автомобілів.

2008 рік. Надрукована перша офіційна стратегія NNI з нанотехнологій, які пов'язані з навколишнім середовищем, здоров'ям та безпекою.

2009–2010 роки. Нейдріан Семан і його колеги з Нью-Йоркського університету створили кілька ДНК-подібних роботів для складання нанорозмірних пристроїв. Один із них призначений для процесу створення 3D структури ДНК з використанням синтетичних послідовностей кристалів ДНК, які можна запрограмувати на самозбірці за допомогою «липких кінців» і розміщення в заданому порядку. Також Seeman створив (разом з колегами із Нанкінського університету Китаю) «складальну лінію ДНК». За цю роботу Seeman разом з Kavli отримав премію в галузі нанонауки за 2010 рік.

2010 рік. IBM використала кремнієвий наконечник для вимірювання розмірів у декілька нанометрів (за аналогією з технологією електронних мікроско-

пів) для відокремлення частинок від матеріалу підкладки, щоб створити повну нанорозмірну 3D рельєфну карту світу розміром в 1 мільйонну частку кристалу солі за 2 хвилини і 23 секунд. Це досягнення продемонструвало потужну методологію для створення наноструктур і структур, які є меншими 15 нм при значно меншій вартості і складності.

2011 рік. Оновлена офіційна стратегія NNI з нанотехнологій, які пов'язані з навколишнім середовищем, здоров'ям та безпекою. Цьому передувало широке обговорення проблем на публічних семінарах та онлайн діалогах із зацікавленими сторонами.

2012 рік. У рамках NNI запущено ще дві ініціативи – Наносенсори та Інфраструктура нанотехнологічних знань, в результаті чого їх загальна кількість зросла до п'яти.

2013 рік. NNI починає черговий раунд стратегічного планування; дослідники у Стенфорді розроблюють перший комп'ютер на вуглецевих нанотрубках.

2014 рік. NNI випускає оновлену версію стратегічного плану.

У наш час відбувається лавинне зростання кількості розробок нанотехнологічних виробів у всіх розвинених країнах світу.

## ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ СТОРОНИ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

**Позитивні сторони:** фізики з університету штату Джорджія розробили нанодвигун, який працює на хімічному пальному. Хіміки з університету Единбурга створили ротаксан – молекулярну машину, яка дозволяє «обійти» другий закон термодинаміки. Спеціалісти з американської лабораторії Белла та з німецького інституту колоїдів Макса Планка розробили своєрідний «молекулярний м'яз». Новітні технології обіцяють подолати нові й поки що невиліковні хвороби [5]. Нестримно розвиваються наукові ідеї «наноїжі». Нанотехнології надають харчовикам унікальні можливості з тотального моніторингу у реальному часі якості та безпеки продуктів. Відвертого удару нанотехнології можуть завдати індустрії мийних засобів. Поява нових, стійких до забруднень та ушкоджень, матеріалів, зменшить потребу в них.

Нанотехнології дозволять наділити інтелектом найзвичніші предмети побуту. Люди носитимуть одяг, який змінює колір, обмінюватимуться візитівками з нанесеною на них відеорекламою, передаватимуть свої емоції за допомогою імплантатів, що відображають настрій. Жінки милуватимуться собою у комп'ютеризованих дзеркалах, котрі коригуватимуть зображення до ідеального, а на нігтях матимуть манікюр із запрограмованим кольором.



Світ майбутнього буде різнобарвним, насиченим життям. Він перейде на наступний рівень, де багато сучасних проблем будуть розв'язані за допомогою нанотехнологій.

**Негативні сторони:** 1987 року американський вчений Ерік Деркслер висунув теорію «сірого слизу». За його прогнозом, у майбутньому з'являться нанороботи завбільшки з бактерію, здатні самостійно компонувати молекули в певних комбінаціях. Вихід таких систем з ладу – катастрофа. Самовідтворюючі роботи в разі програмного збою почнуть продукувати нові й нові організми, беручи за матеріал усю доступну біомасу. Внаслідок нахоаосу планету вкрис однорідний шар липких елементів.

Ще одна шокуюча оцінка перспектив нанотехнологій у тому, що використання нанороботів у медицині стане початком переходу людини з еволюційно-біологічної форми Homo Sapiens у технологічну істоту, що сама розвивається, – Nano Sapiens. Розумне біологічне життя на Землі завершить свій еволюційний етап і надалі розвиватиметься в наноформі, за законами саморегуляції. Можливості нанороботів, а також недовершеність людського тіла приведуть до його радикальної «перебудови». Nano Sapiens будуть набагато пристосованішими до життя. У них не буде статі, статевого розмноження, інстинктів. Їм не потрібні будуть сьгоднішні технічні пристосування – частина з них буде інтегрована в їхні організми. Спільне у Nano Sapiens і людини лише одне – здатність мислити. У перспективі «людство», що буде складатися з індивідів Nano Sapiens, інтегруючись на інформаційному рівні, зіллється в єдину особистість – Megasapiens, «плоть» якої може бути загалом не визначена у просторі.

Також проблемою є складність розроблення наноречовин, мається на увазі те, що їхній вплив буде залежати більш ніж просто від хімії, одна тільки мікроскопічна величина наночастинок може дозволити їм легше проникати й вражати людські органи, а той факт, що речовини наномасштабу можуть мати надзвичайні властивості, котрі не узгоджуються із «прописними» фізикою та хімією, – може являти собою потенційну загрозу. У той час як уряд і промисловість вкладають мільярди у те, щоб швидко наживати капітал на торговельному потенціалі нанотехнології, виявляти й аналізувати потенційні загрози видається малоцікавим, тому дослідники не впевнені у тому, як безпечно працювати із новими наноречовинами, а нанокорпорациям невідомо повністю, як створювати безпечну продукцію, і суспільна довіра до цієї нової технології ризикує бути підірваною.

**Державна цільова науково-технічна програма.** Кроком вперед у розвитку сучасних технологій

в Україні було затвердження у 2009 р. Концепції Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 роки, яка має на меті створення сучасної наноіндустрії в Україні. Ця програма передбачає підтримку держави у формуванні інфраструктури для проведення ефективних фундаментальних досліджень у нанотехнологіях, координацію робіт зі створення і застосування нанотехнологій та наноматеріалів, а також розроблення нових підходів до підготовки кваліфікованих спеціалістів з питань розв'язання наукових, технологічних і виробничих проблем нанотехнологій. Метою Програми є створення наноіндустрії шляхом забезпечення розвитку її промислово-технологічної інфраструктури, використання результатів фундаментальних та прикладних досліджень.

Основними завданнями Програми є: проведення фундаментальних досліджень з метою розроблення та удосконалення нанотехнологій, створення наносистем, наноструктур, новітньої елементної бази наноелектроніки і нанофотоніки та виготовлення наноматеріалів; створення технологічної системи виготовлення наноматеріалів, наноструктур та приладів; промислово-технологічної інфраструктури наноіндустрії; новітньої елементної бази для виготовлення приладів терагерцового діапазону, обладнання шляхом впровадження наноструктур на основі традиційних напівпровідників; розроблення нанотехнологій для каталізу; дослідно-промислових технологій виготовлення нанопорошків, наноматеріалів, а також функціональних консолідованих наноматеріалів і наноматеріалів з аморфно-нанокристалічною структурою, конструкційних наноструктурованих матеріалів з градієнтним та об'ємним зміцненням, нанодисперсних і наноструктурованих люмінесцентних та скінтіляційних матеріалів; нанотехнологій виготовлення легких, міцних і корозійностійких конструкційних матеріалів для машинобудування та аерокосмічної техніки, захисних покриттів різноманітних конструкцій, нанофотокаталізаторів, наносорбентів і нанопористих матеріалів, енергозберігаючих пристроїв з урахуванням досягнень оптоелектроніки та фотovoltaїки; колоїдних нанотехнологій виготовлення наноматеріалів різного функціонального призначення; оптичних джерел випромінювання (лазери і світлодіоди) на основі наноелектронних структур; методів виготовлення апаратури для діагностики і сертифікації наноматеріалів та приладів; наноконструкцій, що використовуються для підвищення ефективності біологічно активних речовин; порядку проведення оцінки впливу нанотехнологій та наноматеріалів на людину і навколишнє природне середовище; вивчення питання щодо впливу наноматеріалів на біологічні

об'єкти; утворення: центру сертифікації наноматеріалів, наноструктур та приладів; у вищих навчальних закладах науково-навчальних центрів підготовки та підвищення кваліфікації фахівців галузі нанотехнологій та виготовлення наноматеріалів.

Уряд і суспільство України розуміють високу значимість розвитку нанотехнологій для держави, тому у 2014 р. був прийнятий Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», в якому у ст. 4 Стратегічні пріоритетні напрями інноваційної діяльності на 2011–2021 роки у п. 3 зазначено: освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій [12].

### СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ НАНОСИСТЕМ І НАНОМАТЕРІАЛІВ В УКРАЇНІ

14 січня 2015 р. відбулося засідання Президії НАН України, під час якого було розглянуто питання щодо стану та перспектив розвитку досліджень у галузі наносистем і наноматеріалів в Україні. Розглядалися результати виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» та цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» [6]. Віце-президент НАН України академік А. Г. Наумовець зазначив, що завдяки виконанню програм отримано вагомі результати, які сприяли реалізації низки напрямів розвитку науки і техніки. Загалом протягом 2010–2014 рр. в рамках обох програм було виконано 240 проєктів за такими напрямками, як фізика наноструктур, технології напівпровідникових наноструктур, матеріалознавство, діагностика наноструктур, забезпечення розвитку наноіндустрії, біотехнології та біоаналізів. Досягнуто підвищення характеристик металів та різних видів покриття для застосування в аерокосмічній, машинобудівній, оборонній та інших галузях.

Важливими є нанорозробки для енергетики – одержано результати для застосування у виробництві літійових акумуляторів нового покоління, в пристроях для зберігання енергії, охорони довкілля та систем перетворення сонячної енергії. Розроблено ефективну технологію одержання графену з різним ступенем окиснення за відсутності агресивних середовищ. Нові нанобіотехнологічні розробки закладають основи для лікування серцево-судинних, інфекційних захворювань, злоякісних пухлин, діабету та аутоімунних захворювань, порушень мінерального обміну, хвороб опорно-рухового апарату та створення ефек-

тивних і дешевих профілактичних препаратів і ліків. Так, розроблено препарат нанодисперсного кремнезему «Силікс», технологія одержання композиту нанозаліза з аскорбіновою кислотою, що забезпечує сильніший протианемічний ефект порівняно з нанозалізом, впроваджено в медичну практику нанопрепарат «Ліпін». Вперше в Україні розроблена технологія отримання високобілкового харчового продукту спеціального дієтичного призначення для застосування при важких формах захворювань. Синтезовано та досліджено наноматеріали для використання у сільському господарстві і екології. Наприклад, використання ліпосомальної форми препаратів для захисту і регуляторів росту рослин скорочує їх витрати на 25–70%, знижує вартість обробки та підвищує врожайність на 10%. В галузі діагностики розроблено методи діагностики структурно-морфологічних, фрактальних, динамічних та фізико-хімічних властивостей наносистем різного топологічного рівня, створено діагностичні бази даних, розвинуто прецизійні фізичні, хімічні та біологічні методи дослідження наносистем і наноматеріалів. Разом з тим було відзначено, що рівень впровадження одержаних результатів далеко не відповідає їх інноваційному потенціалу та потребам економіки України. Причинами цього є як відсутність сприятливого інноваційного клімату в країні, так і недостатньо активна робота установ НАН України у сфері комерціалізації розробок, налагодження співпраці з виробничими структурами. Це вимагає зусиль, спрямованих на ширше інформування урядових структур, представників бізнесу, виробничої сфери та громадськості про результати виконання Програми. Тому є необхідним прискорити реалізацію Концепції розвитку НАН України на 2014–2023 рр. в частині удосконалення інноваційної діяльності та комерціалізації розробок. Слід також активізувати участь НАН України в удосконаленні законодавства України у сфері науково-технічної діяльності, державно-приватного партнерства та міжнародного наукового співробітництва.

**Головні проблеми розвитку та поширення нанотехнологій.** З огляду на досвід впровадження нанотехнологічних виробів в Україні можна зробити висновок, що на цьому шляху є суттєві перешкоди [5; 13]: відсутність стратегії розвитку науково-технічного потенціалу України та конкретних механізмів його реалізації; істотне перевищення потреби вітчизняного ринку в нанотехнологічній продукції у багатьох соціально значущих сферах (медицина, енергетика, екологія) порівняно з обсягами її реального виробництва, що пов'язано з неготовністю промисловості до впровадження нанорозробок; недостатність кваліфікованих, професій-

них кадрів у сфері нанотехнологій; мізерні державні інвестиції, що не дозволяють повністю розкрити вітчизняний потенціал у сфері нанотехнологій; відсутність технологічної бази для розвитку нанотехнологій, відповідного обладнання, що в Україні не виробляється; значний державний борг і незначні обсяги як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій в економіку тощо.

Не дивлячись на означені проблеми, Україна має певні передумови для того, щоб стати активним учасником світового процесу розвитку нанодосліджень і нанотехнологій і гідним учасником нової науково-технічної революції. Без такої участі вона буде приречена на відставання в одному з найважливіших напрямів сучасного науково-технічного прогресу, не зможе впроваджувати в свою економіку ряд технологічних інновацій і буде приречена на роль поставальника сировини для світової економіки.

#### **Про нанотехнологічні підприємства України.**

Низка промислових підприємств України впровадили у виробництво нанотехнологічні досягнення. Розглянемо характерні приклади.

Підприємство «SINTA» має виробництво наноматеріалів механічно-хімічним способом, унікальну технологію мікродетонаційного синтезу наноалмазів і ряд прикладних промислових технологій застосування наноалмазів: технології виготовлення захисно-і ремонтно-відновлювальних добавок у мастильні матеріали, технологій композиційного хромування і золочення, технологію отримання стабільних колоїдних систем у різних середовищах. Виробничі можливості підприємства дозволяють випуск кількох модифікацій наноалмазів різного призначення [14].

СП «Персента України» – офіційне представництво «Percenta AG» (Глюксбург, Німеччина). Підприємство пропонує широкий спектр продуктів з метою облагородження поверхонь за допомогою нанотехнологій [15].

Компанія «NANO OIL UKRAINE» пропонує технології та обладнання для емульсифікації палива. Метою є технічне забезпечення умов для розробки обладнання для емульсифікації палива, так і самого емульсійного палива. Емульсійне паливо виробляється в нанопроцесорі (автономний пристрій, розроблений для вироблення палива). Нанопроцесори можуть бути налаштовані в поєднанні з двигуном для виробництва необхідної кількості емульсійного палива (ТЕЦ, ТЕС, самостійні котли, бункіровочні портові комплекси, нафтобази). Нанопроцесор може використовувати будь-яку забруднену воду, яка не містить твердих частинок (вирішення проблеми утилізації забруднених вод) [16].

Основне завдання лабораторії прикладних нанотехнологій А. М. Білоусова – створення нових продуктів медико-біологічного значення, а також активне вивчення їх застосування. Один із головних наукових напрямів лабораторії – пошук оптимального методу і способу застосування продуктів нанотехнологій з метою універсальної корекції гомеостатичних систем живого організму на клітинному і субклітинному рівнях [17].

У Донецькому фізико-технічному інституті ім. О. О. Галкіна створено пілотну лінію для отримання діоксиду цирконію та інших оксидних матеріалів «мокрим» хімічним синтезом. В Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського розроблено технологію виготовлення мікрохвильових резонаторів та пристроїв радіозв'язку на їх основі. Це унікальна і цілком конкурентоспроможна робота.

Для медико-біологічного напрямку розроблені наноструктуровані біосумісні покриття гідроксиапатиту кальцію на титанових і сапфірових медичних імплантатах (Інститут монокристалів), пориста нанокераміка з гідроксиапатиту кальцію для кісткової хірургії (ІПМ), магнітокеровані нанокомпозити медико-біологічного призначення (Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького та Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка) та ін.

Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна має досягнення в отриманні наноструктурних багатошарових керамічних покриттів (ліцензія в США продана за 50 млн дол.). Ця технологія покриття дає твердість понад 40 Гпа та змогу у 2–5 разів збільшити термін експлуатації різального інструменту. Сегмент ринку в Україні прогнозується на рівні понад 200 млн дол. за умови успішної комерціалізації.

Розробка Інституту сцинтиляційних матеріалів – біомаркери, які допомагають медикам розпізнавати пошкодження тканин і органів. Ринок біомаркерів для ліків та діагностики зростає зі швидкістю 16,9%. Другий сегмент біомаркерів адресовано молекулярній діагностиці. Швидкість його зростання – 17,5% за рік. А глобальний ринок біомаркерів більш ніж подвоїться за 5 років і сягне майже 13 млрд дол.

За оцінкою експертів, лише у 2015 р. світовий наноринок в цілому складе 1–2,5 трлн дол.

У цілому по Україні визначено, що переважна кількість підприємств, які використовують та/або створюють нанотехнології, за видом економічної діяльності належать до закладів вищої освіти та установ, що здійснюють дослідження і розробки в галузі природничих наук. Виявлені тенденції дозволяють зробити висновок про початковий стан вітчизняної

наноіндустрії, оскільки зазначені організації більшою мірою орієнтовані на проведення у цій сфері досліджень та несерійне виробництво наноматеріалів. Питома вага підприємств переробної промисловості, що використовують та/або створюють нанотехнології, абсолютно несуттєва і коливається в межах 10–20% від загальної кількості нанотехнологічних підприємств. До того ж варто зазначити, що, на жаль, для цих компаній нанотехнологічна діяльність не є основним видом діяльності. Таким чином, можна стверджувати, що спеціалізованих на нанотехнологіях підприємств в Україні на сьогодні не існує. Проте не слід заперечувати існування певної частини підприємств, задіяних у нанотехнологічній діяльності – тобто у процесі виробництва такими підприємствами продукції та/або надання послуг відбувається використання нанотехнологій або залучення наноматеріалів до складу продукції. Загалом рівень залучення вітчизняних підприємств у нанотехнологічну діяльність є досить низьким.

Для розвитку нанотехнологій необхідно здійснювати фінансування програми з нанотехнологій та наноматеріалів в обсязі не менше 750–770 млн грн на рік; створити наукові лабораторії; організувати науково-навчальні центри з нанотехнологій в НАНУ та ВНЗ у Києві, Львові, Харкові та інших містах з фінансуванням не менше 20 млн грн на рік, про це заявив заступник директора Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича (ІПМ) НАН України Андрій Рагуля [18].

#### **Вплив нанотехнологій на соціальну сферу.**

Суспільство історично розвивалося разом з новою промисловістю, яка була заснована у XIX ст. послідовно на технологіях парових машин, залізниць, фабричних систем і т. д. У XX ст. так само продовжувався розвиток суспільства у ногу з новими технологіями. Це був повільний поступ, визначений темпом інтелектуального і рефлексивного аналізу автомобілізації особистості, розщеплення атому, значення комп'ютерних обчислень. Початок XXI ст. ознаменований розквітом нанотехнологій. Суто нанотехнології мають ще не до кінця визначене значення для суспільства і можуть спровокувати значні науково-технологічні і суспільні зміни. Соціальні науки не повинні розглядати нанотехнології як категорію «чорний ящик» на відміну від фізичних і матеріальних елементів у суспільних відносинах [19]. Соціальні питання часто розглядаються досить вузько як наслідок дії або ризик розвитку інноваційних процесів у науково-технологічних дослідженнях. Насправді технічні процеси часто дають неявні припущення про соціальні цілі, до яких ці технології можуть привести та за яких умов. Теоретики науки

і технологій передбачають, що основною характеристикою будь-якої технології є поєднання її матеріальних, соціальних і дискурсивних відношень, теоретичних і прикладних елементів та пов'язаних з ними соціальних очікувань або припущень [20].

Цей концептуальний підхід у разі нанотехнологій відрізняється від ролі соціальних наук, що була проявлена на початку розвитку біотехнологій. Домінуючі підходи були інституціонально закріплені через програми, спрямовані на розуміння етичних і соціальних питань, що виникли навколо проекту вивчення геному людини. Тоді передбачалося, що технології існують самі собою і проекти етичної і соціальної рефлексії зводяться до концептуалізації, оцінки та управління «втручанням». З таких рамок зобов'язань не існувало механізмів впливу на сам інноваційний процес [21]. Осмислення соціальних наук у розробці і використанні генетично модифікованих продуктів було таким, що воно відбулося надто пізно і без будь-якого впливу на процеси керування і розвитку технологій.

Спираючись на досвід розвитку інноваційних технологій, нанотехнології віддзеркалюють можливість соціальних наук дослідити, як управління і регулювання можуть бути поширеними на широкий набір культурних і соціальних та перш за все технічних факторів. Якщо ця проблема не буде вирішена, то внутрішня напруга, що притаманна технологічним перетворенням демократичного суспільства, буде посилюватися. Навіть у випадку, коли будуть виконаними, хоча б частково, передбачувані очікування від впровадження нанотехнологій, то це заставить переоцінити глобальні ринки, галузі і економіки у масштабах, які ніколи не були задіяними в історії людства. Нанотехнології зараз вже стають великими системами стратегічних компетенцій, які вимагають координації між усіма секторами суспільства, для того, щоб стати рушійною силою підвищення суспільної продуктивності. У майбутньому нанотехнології можуть формувати стабільність і багатство народів, організацій і певних галузей. Зараз ми навіть не знаємо, а можемо лише здогадуватися про потенціал цих технологій. Прогнози досягнень нанотехнологій розпалюють уяву. Багато що з цього є лише футуристичним прогнозом, але майбутнє виглядає багатообіцяючим.

Тобто необхідна сумісна робота вчених, технологів і представників соціальних наук для розвитку і подальшого осмислення перспектив нанотехнологій для суспільства, а також їх економічного потенціалу.

**Висновки.** Нанотехнології, навіть будучи частково реалізованими, мають потенціал для перебудови суспільства, зміни бізнесу та можуть вплинути на



економіку країни на структурному рівні. Великі економічні, наукові та технологічні перспективи розвитку нанотехнологій визначають необхідність формування єдиної державної політики в цій області. У той же час значна кількість питань національної безпеки і економіки є недослідженими.

У цілому рівень інформованості і готовності суспільства до сприйняття нанотехнологій є низьким, хоча існує розуміння численних переваг від застосування нанотехнологій, їх стратегічного економічного значення.

Суто нанотехнології знаходяться у зародковому стані, в значній мірі теоретичному. З іншого боку, вже виконані розробки носять проривний характер, але їх кількість вимірюється одиницями і відсутній зв'язок між окремими науковими дослідженнями у цьому напрямі.

Також постають невирішені питання про вплив нанотехнологій на суспільне життя, на формування кар'єри людей, якість життя і зараз ще є час для вивчення наслідків, які можуть вплинути на суспільство у майбутньому.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Нанотехнології [Електронний ресурс] // Вікіпедія. – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/>.
2. RNN Rusnanonet [Електронний ресурс] // Список термінів. – Режим доступу: <http://www.rusnanonet.ru/tesaurus/ru/17908/>.
3. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 роки [Електронний ресурс] : Постанова від 28 жовт. 2009 р. № 1231. – Київ. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1231-2009-%D0%BF/print1419944810205377>.
4. Стан та перспективи розвитку досліджень у галузі наносистем і наноматеріалів в Україні [Електронний ресурс] // Національна академія наук України. Новини / Прес-служба НАН України. – Режим доступу: <http://www.nas.gov.ua/UA/news/Pages/contents.aspx?ffn1=ID&fft1=Eq&ffv1=2128>.
5. Біла І. С. Проблеми та перспективи нанотехнологій в Україні / І. С. Біла, Т. В. Швед // Наукові праці НУХТ. – 2010. – № 36. – С. 136–139.
6. DailyTechInfo. Нанотехнологии. Электроника и полупроводники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.dailytechinfo.org/nanotech/>.
7. Johnson S. Nanotechnologies in health care: a needs assesment regarding ethics and policy in nanomedicine [Електронний ресурс] / S. Johnson, G. McGee. – Режим доступу: <http://www.hcs.harvard.edu/~hhpr/currentissue/07spring/156-164.pdf>. – 2007.
8. Kahan D. M. Nanotechnology and society – the evolution of risk perceptions / D. M. Kahan // Nature Nanotech. – 2009. – № 4. – P. 705–706.
9. Trajković V, Marković Z. Nanomedicina: stanje i perspektive // D. Raković, D. Uskoković. Biomaterijali. Beograd: Institut tehničkih nauka SANU, Društvo za istraživanje materijala. – 2010. – P. 762–777.
10. Freitas R. A. Jr. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery // Int J Surg. – 2005. – № 3. – P. 243–246.
11. Gupta J. Nanotechnology applications in medicine and dentistry // J Investig Clin Dent. – 2011. – № 2. – P. 81–88.
12. Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні [Електронний ресурс] : Закон України від 08.09.2011 № 3715-VI // Офіц. веб-сайт Верхов. Ради України. Законодавство України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/3715-17>.
13. Ткачова О. Нанотехнології як об'єкт статистичного моніторингу: світова та вітчизняна практики [Електронний ресурс] / О. А. Ткачова // Економіка і прогнозування. – 2014. – № 2. – С. 105–124. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/econprog\\_2014\\_2\\_11.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/econprog_2014_2_11.pdf).
14. SINTA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nanodiamond.com.ua/>.
15. СП «Персента Украина» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.percenta.com.ua/>.
16. Компанія «NANO OIL UKRAINE» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nano-oil.eu/>.
17. Лаборатория прикладных нанотехнологий А. Н. Белоусова [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nanolab.com.ua/>.
18. Волинська М. Нанотехнології в Україні: відшукаємо свої ніші? [Електронний ресурс] / Марія Волинська // Світ. – 2014. – № 45–46 (648–649). – Режим доступу: [http://www1.nas.gov.ua/svit/Article/Pages/10\\_4546\\_03.aspx](http://www1.nas.gov.ua/svit/Article/Pages/10_4546_03.aspx).

19. Latour B. Politics of nature: How to bring the sciences into democracy / Bruno Latour // Cambridge, Mass: Harvard University Press. – 2004. – 320 p.
20. MacKenzie D. The social shaping of technology / MacKenzie, Donald and Wajcman, Judy, eds // 2nd edition, Open University Press, Buckingham, UK. – 1999. – 360 p.
21. Hedgcock A. The Drugs Don't Work Expectations and the Shaping of Pharmacogenetics / A. Hedgcock, P. Martin // Social Studies of Science. – 2003. – vol. 33 (3). – P. 327–364.

## REFERENCES

1. *Nanotekhnologii*, (Nanotechnology) Vikipediia, Rezhym dostupu: <http://uk.wikipedia.org/wiki/>.
2. *RNN Rusnanonet, Spysok terminov* (List of Terms), Rezhym dostupu: <http://www.rusnanonet.ru/tesaurus/ru/17908/>.
3. *Pro zatverdzhennia Derzhavnoi tsilovoi naukovo-tekhnichnoi prohramy «Nanotekhnologii ta nanomaterialy» na 2010–2014 roky* (On Approval of the State Target Scientific and Technical Program «Nanotechnology and Nanomaterials» for 2010–2014), Postanova vid 28 zhovtnia 2009 No 1231, Kyiv, Rezhym dostupu: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1231-2009-%D0%BF/print1419944810205377>.
4. *Stan ta perspektyvy rozvytku doslidzhen u haluzi nanosystem i nanomaterialiv v Ukraini* (Status and Prospects of Research in Nanosystems and Nanomaterials in Ukraine) Natsionalna akademiia nauk Ukrainy. Novyny, Pres-sluzhba NAN Ukrainy. Rezhym dostupu: <http://www.nas.gov.ua/UA/news/Pages/contents.aspx?ffn1=ID&fft1=Eq&ffv1=2128>.
5. Bila I. S. *Problemy ta perspektyvy nanotekhnologii v Ukraini* (Problems and Prospects of Nanotechnology in Ukraine) I. S. Bila, T. V. Shved, Naukovi pratsi NUKhT, 2010, No 36, pp. 136–139.
6. DailyTechInfo, *Nanotekhnologii, Elektronika i poluprovodniki* (Nanotechnology. Electronics and Semiconductor) Rezhym dostupu: <http://www.dailytechinfo.org/nanotech/>.
7. Johnson S., McGee G. Nanotechnologies in health care: a needs assesment regarding ethics and policy in nanomedicine. Rezhim dostupu: <http://www.hcs.harvard.edu/~hhpr/currentissue/07spring/156-164.pdf>. – 2007.
8. Kahan D. M. Nanotechnology and society, the evolution of risk perceptions, Nature Nanotech, 2009, No 4, pp. 705–706.
9. Trajković V, Marković Z. Nanomedicina: stanje i perspektive, In: D. Raković, D. Uskoković, Biomaterijali. Beograd: Institut tehničkih nauka SANU, Društvo za istraživanje materijala, 2010, pp. 762–777.
10. Freitas R. A. Jr. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery, Int J Surg, 2005, No 3, pp. 243–246.
11. Gupta J. Nanotechnology applications in medicine and dentistry, J Investig Clin Dent, 2011, No 2, pp. 81–88.
12. Pro priorytetni napriamy innovatsiinoi diialnosti v Ukraini (On Innovation Activity Priorities in Ukraine) Zakon Ukrainy vid 08.09.2011 No 3715-VI Elektronnyi resurs, *Ofits. veb-sait Verkhov. Rady Ukrainy*. Zakonodavstvo Ukrainy, Rezhym dostupu: <http://zakon.rada.gov.ua/go/3715-17>.
13. Tkachova O. *Nanotekhnologii yak ob'ekt statystychnoho monitorynhu: svitova ta vitchyzniana praktyky* (Nanotechnology as an Object of Statistical Monitoring: National and International Practice), O. A. Tkachova, Ekonomika i prohnozuvannia, 2014, No 2, pp. 105–124. – Rezhym dostupu: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/econprog\\_2014\\_2\\_11.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/econprog_2014_2_11.pdf).
14. *SINTA*, Rezhym dostupu: <http://nanodiamond.com.ua/>.
15. *SP «Persenta Ukrayna»*, (SP «Persenta Ukraine») Rezhym dostupu: <http://www.percenta.com.ua/>.
16. *Kompaniia «NANO OIL UKRAINE»* (Company «NANO OIL UKRAINE»), Rezhym dostupu: <http://nano-oil.eu/>.
17. *Laboratoriya prikladnyih nanotekhnologiy* (Laboratory of Applied Nanotechnology) A. N. Belousova, Rezhim dostupu: <http://www.nanolab.com.ua/>.
18. Volynska M. *Nanotekhnologii v Ukraini: vidshukaiemo svoi nishi?* (Nanotechnology in Ukraine Shall Find Their Niche?), Mariia Volynska, Svit, 2014, No 45–46 (648–649), Rezhym dostupu: [http://www1.nas.gov.ua/svit/Article/Pages/10\\_4546\\_03.aspx](http://www1.nas.gov.ua/svit/Article/Pages/10_4546_03.aspx).
19. Latour B. Politics of nature: How to bring the sciences into democracy, Bruno Latour, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 2004, 320 p.
20. MacKenzie D. The social shaping of technology, MacKenzie, Donald and Wajcman, Judy, eds, 2nd edition, Open University Press, Buckingham, UK, 1999, 360 p.
21. Hedgcock A. The Drugs Don't Work Expectations and the Shaping of Pharmacogenetics, A. Hedgcock, P. Martin, Social Studies of Science, 2003, vol. 33 (3), pp. 327–364.

С. Н. ИВАНОВ

доцент кафедры информатики и вычислительной техники Национального юридического университета имени Ярослава Мудрого, руководитель Центра информационных технологий

В. В. КАРАСЮК

доцент кафедры информатики и вычислительной техники Национального юридического университета имени Ярослава Мудрого

### НАНОИНДУСТРИЯ КАК УСЛОВИЕ СТАНОВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА В УКРАИНЕ

В статье проведен анализ понятия нанотехнологий, положительных и отрицательных сторон внедрения нанотехнологий, условий развития этих технологий в Украине. Рассмотрены основные задачи государственной научно-технической программы по нанотехнологиям и состояние ее выполнения, главные проблемы развития и распространения нанотехнологий, приведены примеры предприятий Украины, которые имеют нанотехнологические производства. Поставлен вопрос дальнейшего осмысления перспектив нанотехнологий для развития общества.

**Ключевые слова:** инновации, нанотехнологии, nanoиндустрия, государственная программа, нанотехнологические предприятия, общественные отношения

S. N. IVANOV

Associate Professor the Department of Computer Science  
of Yaroslav Mudryi National Law University, Director of the Center for Information Technology

V. V. KARASIUK

Associate Professor the Department of Computer Science of Yaroslav Mudryi National Law University

### NANOINDUSTRY AS A CONDITION OF FORMATION OF INNOVATIVE SOCIETY IN UKRAINE

**Problem setting.** The large-scale introduction of new technologies and nanomaterials will lead not only to technological changes in the industry, medicine, agriculture, but also to certain changes in social relations in society. Therefore, the urgent task is to determine the positive and negative aspects of the implementation of nanotechnologies, the conditions of development of these technologies in Ukraine.

**Analysis of resent researches and publications.** Theoretical and practical aspects of nanotechnology in their work viewed by scholars such as Anderson P., Aoki T., Balabanov V., Vasjutin E. V., Cheng Y., Glazyev S., David J., Guston D., Egorov A. I., Kobayashi H., Kornich G. V., Krashennikov A. V., Liao M., Lukyanets V., Maynard A., Ohgi T., Pogosov V. V., Roco M., Scheres S., Simonov D., Taylor M., Feynman R., Yamamoto H., Chumachenko B. A., Wenz P. and others. However, analysis of these studies showed that there are no concurrent views on various aspects of nanotechnologies development, as there is no theoretical basis for the social assessment of nanotechnologies and their future impact.

**Target of research.** The main objective of this work is to study the current trends and achievements in the development of nanotechnologies in Ukraine and the world. Analysis of the problems and obstacles standing in the way of development of these technologies will allow to understand the need to adopt organizational and legal measures to eliminate the identified problems. The lack of consideration of the issues in the scientific literature of the global impact of nanotechnologies on society as a whole in a social context, there is an additional goal of the study of the impact of nanotechnologies on the social sphere of the country.

**Article's main body.** In the main part of the article the following issues were examined: the concept of nanotechnology, nanoindustry and its technological features; developmental landmarks of nanotechnologies in the world; positive and negative aspects of nanotechnologies; state target program for the development of the nanoindustry; current state and trends of research in nanosystems and nanomaterials in Ukraine; the main problems of the development and distribution of nanotechnologies; the impact of nanotechnologies on the social sphere.

**Conclusions and prospects for the development.** Large economic, scientific and technological prospects of nanotechnologies determine the need for the formation of a unified state policy in this area. At the same time a significant number of issues of national security and the economy is unexplored. Completed developments are of a breakthrough character, but their number is measured in units, and there is no connection between different schools in this direction. Also, there are unresolved questions about the impact of nanotechnologies on our social life, the formation of career of people, quality of life, etc. and still there is a time to study the consequences that may affect society in future.

**Key words:** innovations, nanotechnologies, nanoindustry, government program, nanotechnology companies, public relations.