

УДК-612.017.2:858;621.317

## НАНОТЕХНОЛОГІЯ – ДІТИЩЕ СУЧАСНОЇ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ НАУКИ

**С. М. Геник**

*Івано-Франківський національний медичний університет,  
кафедра загальної хірургії; 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Галицька, 2;  
тел. +380 (342) 52-82-40; e-mail: sgenyk@rambler.ru*

*Нанотехнологія як галузь перебуває між дисциплінами фундаментальної та прикладної науки і техніки. Вона забезпечує можливість створення та модифікації об'єктів, до складу яких входять компоненти розмірами до 100 нанометрів в одній або кількох площинах. Ці компоненти дістають принципово нові якості, які дозволяють здійснювати їх інтеграцію в повноцінно чинні системи більшого масштабу. Розглядаючи людський організм як систему взаємопов'язаних мереж і використовуючи нанотехнології для виявлення пошкоджень, що виникають у них, нанотехнологія виробляє зовсім нові підходи до пошуку причин різних захворювань, їх лікування і, навіть, попередження.*

**Ключові слова:** нанотехнологія, наноматеріали, нанотехнологічні підходи, біологічні структури.

*Наука необхідна народові. Країна, яка її не  
розвиває неминуче перетворюється в колонію.*

*Фредерік Жоліо-Кюрі*

За останні роки нанотехнологію почали розглядати як своєрідну чудодійну панацею, що повинна призвести до кардинального покращення якості життя і здійснення мрії про щасливе високотехнічне суспільство.

Термін “нанотехнології” вперше ввів у 1974 році професор Токійського університету Norio Taniguchi, а ідеологічні настанови цієї нової науки в 1959 році сформулював видатний фізик-теоретик, нобелівський лауреат Richard Feynman. У своїй лекції з іронічною назвою “Знизу повно-повно місця” перед американським фізичним товариством, він розповів про те, як можуть виглядати найменші машини у відповідності з відомими нам законами фізики [2, 20].

Наука про наносвіт займається вивченням фундаментальних принципів молекул і структур, розміри яких становлять від 1 до 100 нанометрів. Префікс “нано” відповідає мільярдній частині метра. Один нанометр – це ряд з десяти атомів водню. Для порівняння: товщина ДНК – 2,5 нанометри, клітина бактерії вимірюється декількома сотнями нанометрів, товщина волосини людини 50000 нанометрів.

Нанотехнологія – це дітище міждисциплінарної діяльності, що засноване на досягненнях фізики, хімії, біології, медицини, механіки, інших класичних наук і пов'язане із закономірною еволюцією цих та ін-

ших областей досліджень. Отже, нанотехнології – це суттєве покращення властивостей багатьох практично важливих ділянок наших знань, але не всеоб’ємний їх переверот [2, 12, 19].

Вивченню нанотехнологій і наноматеріалів передувала низка відкриттів, здійснених останнім часом: створення скануючого тунельного (1981р.) і атомно-силового мікроскопа (1986р.), експериментальне виявлення фуллеронів (1985р.), вивчення розмірних ефектів, гетероструктур, процесів самоорганізації, фрактальних утворень та інших ефектів і явищ [4, 21].

Нанотехнологія як галузь перебуває між дисциплінами фундаментальної та прикладної науки і техніки. Вона забезпечує можливість створення та модифікації об’єктів, до складу яких входять компоненти розмірами менше 100 нанометрів в одній або декількох площинах. Принципово нові якості, які дістають ці компоненти, уможливають їх інтеграцію в повноцінно чинні системи більшого масштабу [1, 2, 16].

Нанотехнологія асоціюється з розвитком наноелектроніки, фотоніки, наномедицини, із створенням наномеханізмів і нанороботів. Загалом нанотехнології зовсім не нові – вони давно розроблені самою природою, і мають безпосереднє відношення до живого світу, до продуктів харчування. Так, нанотехнологічні підходи застосовують під час виробництва молочних продуктів. До представників наносвіту також можна віднести кластери, здатні містити до декількох сотень атомів і різні “наноструктури”, розмір яких не перевищує декількох десятків нанометрів. Від початку свого існування людство живе серед нанооб’єктів. В середині наших клітин міститься мільярди молекулярних машин – клітинних органел. Наш скелет є композитним матеріалом, що містить будівельні елементи у вигляді “нанолусочок” гідроксилапатиту розміром 30-50 нм і товщиною у декілька нм. Тому не дивно, що префікс “нано” дивує, захоплює і... лякає [3, 8, 10].

За визначенням, нанотехнології – це лише спосіб щось зробити. Найбільш важливим, відчутним їх продуктом є наноматеріали, практично важливі властивості яких визначаються хімічним складом, структурою, розмірністю і упорядкуванням складових їх фрагментів, розмір яких належить до нанодіапазону, тобто інтервалу від 1 до 100 нм. Принципова важливість нанодіапазону полягає в тому, що в ньому реалізуються специфічні хімічні і фізичні взаємодії. Насправді будь-які об’єкти і матеріали можна і необхідно вивчати у різних просторових масштабах: особливості обумовлюють їх результуючі властивості, важливі як для фундаментальних досліджень, так і для практики. Отже, для створення наноматеріалів виявляються важливими не лише їх склад (що визначає основні властивості) і розмір (який змінює багато властивостей), але і розмірність (що робить частинки неоднорідними), а також упорядкування в системі (посилення, інтеграція властивостей в ансамблі нанооб’єктів). Це характерно для нанотехнологій: нова якість, як правило, одержується тільки при правильно організованій структурі на більших масштабах, ніж “нано”. Навпаки, нанорівень існує практично в

будь-яких макрооб'єктах, але не завжди він важливий. В таких випадках немає підстав говорити про “нанотехнології” [19].

Модифікація висхідних наноструктур, притаманних натуральним продуктам, і створення зовсім нових наноконпозицій з компонентів живої природи характерні для природних харчових нанотехнологій. До них можна віднести операції з субміцелами і міцелами казеїну, оболонками жирових кульок природними полісахаридами, ферментами тощо. Сюди відносяться процеси розділення або подрібнення природної харчової сировини до нанорозмірів і поміщення в оболонку (інкапсуляція) одержаних наночастинок. Такі процеси застовуються при переробці молока, і вони не несуть екологічної загрози і небезпеки для здоров'я людини. Формування потрібних білкових наноструктур – основа процесів виробництва найрізноманітніших продуктів: дієтичних, дитячих, геронтологічних і тощо. Сформовані білкові наноструктури стабілізують властивості готового продукту, зменшують вологість, окислення жиру і попереджують утворення коркового шару [14].

Тепер у світі освоєно випуск більш ніж 500 назв харчових продуктів з використанням природних нанотехнологій, і більш ніж 90% з них – на основі молока і його компонентів [11].

Окремий напрям нанотехнології – здобутки техногенних фантазій, що пов'язані з використанням продуктів генної модифікації живих організмів, білкової інженерії і синтетичних ферментів, а також введення у продукти штучних (синтезованих) неорганічних наночастинок і формування штучних наноструктур, що не мають аналогів у природі. Прикладом може бути введення в харчові продукти наночастинок срібла, міді, цинку, двоокису титану і кремнію чи інших біологічно активних речовин. Наночастинки можуть потрапляти в харчові продукти і опосередковано. Зокрема, для підвищення антимікробних властивостей промивних дезінфекційних рідин, що використовуються в харчовій промисловості, вводять наночастинки срібла. Певна їх кількість буде потрапляти і в харчові продукти [9, 13].

Активна біологічна дія наночастинок і інших нанооб'єктів обумовлена комплексом їх специфічних і хімічних властивостей. Вони можуть мати зовсім інші біологічні дії, ніж речовини у звичайному фізико-хімічному стані, тому такі нанооб'єкти відносяться до нових видів матеріалів і продукування [9, 15].

До штучно одержаних біологічних наноструктур можна віднести нанотрубки із сивороткового білка  $\alpha$ -лактоальбуміна і білка-бактеріофага, активні мультиферментні нанотрубки, що містять сотні молекул оксидази глюкози, або, наприклад, штучно вирощені білково-жирові нанодендрити різної будови, які потенційно можуть бути використані в харчовій промисловості, медицині або наноелектроніці. Так з'явилася можливість цілеспрямованої розробки перспективних технологій і наукового конструювання речовин з наперед заданим складом і властивостями [1, 17].

На порозі третього тисячоліття стає очевидним, що майбутнє будь-якого суспільства буде пов'язане з тим, настільки серйозним виявиться його ставлення до нанотехнологій. Сьогодні отримуємо все більше звіток про нові сфери їх застосування у світі: наноелектроніка, нанороботи, наномедицина, нанокомп'ютери і нанобіотехнологія.

Практично всі розвинені країни дуже серйозно працюють у галузі нанотехнологій, бо розуміють, що продукти країн, які будуть першими на світовому ринку, його й завоюють. А в Євросоюзі не припиняється про формування загальноєвропейського наукового простору. Всі програми з нанотехнологій у Європі націоналізовані. Світовий ринок нанотехнологій у 2009 році сягав 700 мільярдів доларів, а у 2015 році цей показник зросте до одного-двох трильйонів. Тому останніми роками нанонаука у світі розвивається надзвичайно бурхливо [15].

Перехід від «мікро» до «нано» – це не кількісний, а якісний перехід – стрибок від маніпуляції речовиною до маніпуляції окремими атомами. Розглядаючи окремий атом як цеглинку нанотехнологій, шукають практичні способи конструювати з цих деталей матеріали з необхідними характеристиками.

Багато вчених вже вміють збирати атоми і молекули в різні конструкторії. Тепер будь-яку хімічно стабільну структуру можна не лише описати, але і побудувати. Для цього використовують нанороботи. Адже наноробот можна запрограмувати на конструювання будь-якої структури, навіть на конструювання іншого робота.

Хвороба – це наслідок порушення запрограмованої передачі інформації в мережі. Розглядаючи людський організм як систему взаємопов'язаних мереж і використовуючи нанотехнології для виявлення пошкоджень, що виникають у них, остання виробляє зовсім нові підходи до пошуку причин різних захворювань, їх лікування і навіть, попередження. Застосування нанотехнологій дозволяє суттєво зменшити дозу введення препаратів [15].

У 2000 році студент Гейдельбурзького університету (Німеччина) Амін Рустам розглядаючи культуру клітин щура під мікроскопом помітив, що між двома клітинами тягнуться тонесенькі трубочки. Вони разом із науковим керівником Хансом Гердесом назвали їх тунелючими нанотрубками. Тепер встановлено, що крізь ці трубки клітини обмінюються молекулами, і навіть органелами. Товщина нанотрубки – від 50 до 200 нм, що уможливило проходження ними білкових молекул, вірусів і мікроб. Крізь ці нанотрубки можуть проникати мітохондрії. Вже доведено, що нанотрубками можуть поширюватися вірус СНІДу і пріони – загадкові білки, які призводять до дегенерації мозку. Вважають, що ракові клітини можуть передавати одна одній молекули, щоб забезпечити резистентність до хіміотерапії. На сьогоднішній день ці тунелі знайдені лише у п'яти типах клітин: імунних, клітинах мозку, ниркових, ракових і серцевих [11, 18].

Тепер в медицині існує проблема застосування нанотехнологій, що полягає в необхідності змінювати структуру клітини на молекулярному

рівні, тобто здійснювати «молекулярну хірургію» за допомогою нанороботів. Декілька років тому розроблено дуже простий наноробот – штучну червону кров’яну клітину, яку названо «респіроцитом». Розмір його – 1 мікрон в діаметрі. Цей сферичний наноробот виготовлений з 18 мільярдів атомів. По суті, це гідропневмоакумулятор, який може нагнітати в себе 9 біліонів молекул кисню і вуглекислоти [5, 19].

Деякі нанороботи будуть не тільки плавати в крові, але і переходитимуть всередину тканин, матимуть різний колір і форму, що залежатиме від виконуваних ними функцій. Якщо додати 1 літр «респіроцитів» до кровотоку, то людина зможе затримати дихання на 4 години, спокійно перебуваючи під водою. Якщо ж бігти на великій швидкості, то можна затримати дихання на 15 хвилин до наступного вдиху.

Деякі наносистеми зможуть самовидалятися з організму природними людськими секреторними каналами [5, 16].

Нанороботи зможуть переносити будь-який медикаментозний препарат до ураженої клітини, а сенсори, які перебуватимуть ззовні, забезпечуватимуть надійний контроль над дозуванням медикаментів.

Дослідники із Саратовського державного університету розробили мікрокапсули для адресного постачання ліків, якими можна керувати на відстані – зміщувати у просторі, змінювати їх властивості. До оболонки мікрокапсул вводяться наночастинки магнетиту (окису заліза, що володіє магнітними властивостями) і золота. Магнетит дозволяє дистанційно керувати просторовим поділом мікрокапсул за допомогою магнітного поля, а золоті частинки – вести спостереження за введеними капсулами, а також дистанційно розкривати їх лазерним променем [11, 18, 20].

Основна місія в пошуках шляхів розвитку нанотехнологій може сприяти вирішенню таких глобальних завдань:

- створення нових екологічно чистих джерел енергії;
- забезпечення потреб у чистій воді;
- покращення здоров’я і збільшення тривалості життя;
- максимального збільшення продуктивності сільськогосподарського виробництва;
- загальної доступності інформаційних технологій;
- просування в освоєнні космічного простору.

Для цього вкрай важливим є нормальне фінансування фундаментальних досліджень науки і нанотехнологій в Україні. У США значна частина (понад третини бюджету) надходить на проведення таких досліджень в університетах і національних лабораторіях.

Ось слова із доповіді президента США Білла Клінтона, які були опубліковані у пресі 3 серпня 1994 року: “Майбутнє наших дітей визначається тим, чи будемо ми продовжувати вкладати кошти у фундаментальну науку”.

Тому для допомоги і поштовху у розвитку нанотехнологій в нашій дійсності необхідно створювати солідні науково-освітні центри з сучасним науковим обладнанням, що здатні забезпечити підготовку високласних спеціалістів, даючи їм повноцінну міждисциплінарну основу.

Теперішні науково-освітні центри не зовсім пристосовані до проведення сучасних фундаментальних досліджень. США поставили задачу забезпечити вітчизняними нанопродуктами до 4% світового ринку і для цього їм потрібно мати 30 тисяч кваліфікованих або перекваліфікованих на нанотехнології спеціалістів. Нашій державі необхідна генерація нових знань у найбільш перспективних ділянках науки і технології для створення принципово інноваційних розробок.

Здійснення цієї лінії, у свою чергу, неможливе без розвитку системи нанотехнологічної освіти на рівні студентів, магістрантів, аспірантів, докторантів з адресною підтримкою перспективних досліджень молодих вчених. Розвиток фундаментальних досліджень і фундаментальної підготовки наукових кадрів в області нанотехнологій дозволить проводити найефективнішу інтеграцію не лише біологічних, але і гуманітарних наук. Також необхідним є створення цілісної системи підготовки всього суспільства до змін, пов'язаних із розвитком нанотехнологій і використанням нанопродуктів, включаючи розробку нових шкільних і дистанційних курсів, випуск науково-популярної літератури, телевізійних передач тощо.

### *Література*

1. Арсентьева И.П. Аттестация и применение в медицине наночастиц меди и магния / И.П.Арсентьева, Т.А.Байтукалов, Н.Н.Глущенко // Материаловедение. – 2007. – №4(121). – С. 54-56.
2. Байбурин В.Б. Нанотехнологические методы в биологии клеток / В.Б.Байбурин, Ю.П.Волков, Н.П. Кононов // Вопросы прикладной физики. – 2000. – №6. – С. 108-109.
3. Брусенцова Т.Н. Синтез и исследование наночастиц ферритов для магнитной гипертермии / Т.Н.Брусенцова, В.Д.Кузнецов, В.Н.Никифоров // Медицинская физика. – 2005. – №3. – С. 58-68.
4. Глущенко Н.Н. Аттестация и применение в медицине наночастиц магния / Н.Н.Глущенко, Т.А.Байтукалов, Е.Н.Сидорова // Известия Академии промышленной экологии. – 2006. – №3. – С. 54-55.
5. Головенко М.Я. Наномедицина, досягнення та перспективи розвитку новітніх технологій у діагностиці та лікуванні / М.Я.Головенко // Журнал Академії медичних наук. – 2007. – Т.13, №4. – С. 617-636.
6. Евдокимов Ю.М. Наноконструкции и двухцепочечные молекулы нуклеиновых кислот / Ю.М.Евдокимов // Наука и технологии в промышленности. – 2005. – №1. – С. 13-17.
7. Евдокимов Ю.М. Наноконструкции на основе двухцепочечных нуклеиновых кислот – возможности применения в биотехнологии и медицине / Ю.М.Евдокимов // Альманах клинической медицины. – 2006. – Т.12. – С.113.
8. Евдокимов Ю.М. Нанотехнология и нуклеиновые кислоты / Ю.М.Евдокимов, В.В.Сычев // Технологии живых систем. – 2007. – Т.4, №1. – С. 3-27.
9. Евдокимов Ю.М. Пространственно упорядоченные формы ДНК и ее комплексов – основа для создания наноконструкций для медицины и

- биотехнологии / Ю.М.Евдокимов // Российские нанотехнологии. – 2006. – Т.1, №1/2. – С. 256-264.
10. Елинов Н.П. Биочипы в эксперименте и практическом применении. Обзор / Н.П.Елинов // Проблемы медицинской микологии. – 2003. – Т.5, №1. – С. 17-20.
  11. Зими́на Т. Лекарством управляют на расстоянии / Т.Зими́на // Наука и жизнь 2009. – №11. – С. 10-11.
  12. Петренко Ю.М. Нанотехнологии и будущее медицины / Ю.М.Петренко // Знание – сила. – 2006. – №10(952). – С. 63-67.
  13. Раткин Л. Нанотехнологии в физиологии / Л.Раткин // Нано- и микросистемная техника. – 2007. – №10(87). – С. 77.
  14. Смыков И. Нанотехнологии в стакане молока / И.Смыков // Наука и жизнь. – 2009. – №6. – С. 18-23.
  15. Третьяков Ю. Нам внизу все ещё много нанобума / Ю.Третьяков, Е.Гуди́лин // В мире науки. – 2009. – №5. – С. 56-62.
  16. Хит Д. Нанотехнологии и рак / Д.Хит, М.Дэвис, Л.Худ // В мире науки. – 2009. – №6. – С. 48-56.
  17. Jain K.K. Nanobitechnology in molecular diagnostics: current techniques and applications / K.K.Jain // Norfolk: Horison bioscience. – 2006. – №13. – P. 185.
  18. James R.H. Nanotechnology and Cancer / R.H.James, E. Mark // Davis in Annual Review of Medicine. – 2008. – Vol.59. – P. 251-285.
  19. Kumar S.R. Nanofabrication towards biomedical applications; techniques, tools, applications, and impact / S.R.Kumar // Weinheim: Wiley – Vch. 2005. – Vol.22. – P. 420.
  20. Mark E. Nanoparticle Therapeutics: An Emerging Treatment Modality for Cancer / E.Mark // Davis et al in Nature Rewiews Drug Discovery. – 2008. – Vol.7, N9. – P. 771-782.
  21. Vo-Dinh. Nanotechnologi in biology and medicine: methods, devices, a.applications / Vo-Dinh // Boca Raton: CRC Press. – 2007. – Vol.1. – P. 3-19.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 28.10.2009 р.  
Рекомендовано до друку д.м.н., професором Ковальчук Л.Є.*

## **NANOTECHNOLOGY – THE BRAINCHILD OF MODERN FUNDAMENTAL SCIENCE**

**S. M. Genyk**

*Ivano-Frankivs'k national medical university;  
department of general surgery; 76000, Ivano-Frankivs'k, st. Galich, 2;  
ph. +380 (342) 52-82-40; e-mail: sgenyk@rambler.ru*

*Nanotechnology is an industry which takes place between fundamental and applied science and technology. it provides the ability to create and modify the objects that include smaller than 100 nanometers in one or more*

*planes. These components get the innovative qualities that allow them to commit integration into the complete systems on a larger scale. Considering of the human body as a system of interlocking networks, using the nanotechnology for detection of damage which arise in them, nanotechnology produces completely new approaches to finding the causes of various diseases, their treatment and even prevention.*

**Key words:** *nanotechnology, nanomaterials, nanotechnology approaches, biological structures.*