

Наука та інновації. 2009. Т. 5. № 3. С. 89–93.

І.С. Чекман

Лабораторія електронно-променевої технології неорганічних матеріалів для медицини
Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона і Національного медичного університету
ім. О.О. Богомольця, Київ

НАНОНАУКА: ПЕРСПЕКТИВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Узагальнено літературні дані та результати власних досліджень в області нанонауки, нанотехнологій, наноматеріалів. Нанонаука буде розвиватися шляхом проведення фундаментальних досліджень нанометрових об'єктів; розробки технологій синтезу наноматеріалів; вивчення їх властивостей; застосування нанопрепаратів у медичній практиці, встановлення можливих токсичних впливів на організм. Доцільним буде вивчення впливу нанотехнологій і наноматеріалів на зовнішнє середовище, підготовка спеціалістів для роботи в області нанотехнологій.

Ключові слова: нанонаука, нанотехнології, наноматеріали, перспективи досліджень.

Нанонаука (Nanoscience: **nanos** — з грецької — *карлик, гномик, science* — *наука, система знань*) — нова галузь науки та виробництва, що вивчає фізичні, фізико-хімічні, біологічні, фармакологічні, токсикологічні властивості наночастинок розміром до 100 нм, можливість їх синтезу за допомогою сучасних нанотехнологій та застосування у різних галузях народного господарства, медицині, фармації. Об'єкти, розміром від 1 до 100 нм, відносять до нано-, розміром від 100 до 1 000 нм — до мікро-, розміром від 1 000 нм і більше — до макро-розмірних. Для об'єктів, менших 1 нм, використовують одиницю виміру А (ангстрем).

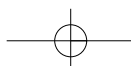
Зародження нанонауки розпочалося з лекції відомого американського вченого, лауреата Нобелівської премії з фізики Річарда Фейнмана, яку він прочитав у грудні 1959 р. на щорічному засіданні Американського фізичного товариства на тему: "Внизу багато місця: запрошення увійти в нову область фізики" (There is plenty of room at the bottom: an invi-

tation to enter a new field of physics). Це фактично було перше науково обґрунтоване дослідження, що спонукало вчених і практиків розпочати вивчення властивостей наноматеріалів [12]. Інтенсивні дослідження з нанонауки розпочалися від середини 80-х років минулого століття.

Отримані за допомогою нанотехнологій наноматеріали мають різне застосування. Це і сплави нанометалів, і каталізатори, і плівки в електроніці, і магнітні матеріали, і біосенсори, і медикаменти, і спеціальні засоби для доставки лікарських препаратів до патологічного процесу, і захисні покриття, що наносяться на матеріали, та ін. [11, 13, 15, 19, 21, 26].

Аналіз світових досліджень свідчить, що нанонаука буде розвиватися у таких основних напрямках [2, 4, 5, 7, 9, 17, 22]:

- 1) фундаментальні дослідження властивостей нанометрових об'єктів;
- 2) розробка технологій синтезу наноматеріалів, необхідної апаратури і впровадження їх у виробництво, а також стандартів на таку продукцію;



3) вивчення властивостей наночастинок і наноматеріалів;

4) отримання нанопрепаратів для застосування у медичній практиці; дослідження їх лікувальних та можливих токсичних властивостей;

5) вивчення результатів застосування нанотехнологій і наноматеріалів та впливу їх на зовнішнє середовище;

6) дослідження соціальних аспектів у зв'язку з розвитком нанотехнологій;

7) підготовка спеціалістів для роботи в області нанотехнологій.

1. Розвиток нанотехнологій і виготовлення наноматеріалів пов'язаний з необхідністю дослідження нових і незвичайних властивостей отриманих наноструктур, пристроїв. Це вимагатиме від учених розробки не тільки принципово нових теоретичних підходів по вивченню основ нанонауки, але й вирішення надзвичайно важливих завдань з квантової хімії і фізики, моделювання складних систем на молекулярному і атомному рівнях, а також створення моделей та дослідження поведінки наночастинок в організмі людини та в навколишньому середовищі. Дослідники мають вивчити особливості взаємодії наночастинок на атомно-молекулярному рівні, їх фізичні, хімічні та фізико-хімічні властивості.

Особливої уваги слід надати проведенню фундаментальних досліджень в області нанобіоструктур та пов'язаних з ними процесів, що торкаються нанобіотехнологій: вирішення проблем створення нанобіоматеріалів, біосенсорів; розробка нанорозмірних зондів; вивчення властивостей біотканин на нанорівні та ін. Теоретичні аспекти нанонауки є важливими у практичному плані для більш ефективного впровадження результатів нанотехнологій у різні галузі народного господарства.

2. Застосування технології синтезу наноматеріалів у загальному плані можна розділити на три основні групи: сухий синтез, мокрий синтез і хімічне розмелення. Перші два методи відносяться до так званого отримання на-

ночастинок "знизу—вверх". В основу цієї технології покладено принцип отримання наноматеріалів шляхом їх зборки з елементів менших розмірів, зокрема атомів, молекул, біологічних клітин.

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона тривалий час проводиться розробка сучасних електронно-променевих нанотехнологій для отримання наночастинок металів, результати яких впроваджені у військову та авіаційну промисловість, космічну галузь, а в останні роки — і в медицину. У Міжнародному центрі електронно-променевих технологій при Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона (науковий керівник — академік НАН України *Б.О. Мовчан*) створені промислові зразки комплексів для отримання наночастинок металів у промислових умовах [7, 8]. У січні 2008 р. була створена спільна лабораторія між Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона та Національним медичним університетом ім. О.О. Богомольця по розробці нових нанопрепаратів.

Як приклад отримання наночастинок "знизу—вверх" можна назвати укладання атомів на кристалічній поверхні за допомогою скануючого тунельного мікроскопа. Цей прилад дає можливість наносити один атом на інший або шари атомів однієї речовини на іншу речовину.

Збірка "знизу—вверх" характерна також для біологічних структур як саморегулююча система. Деякі біологічні структури мають розмір нанометрового масштабу. Наприклад, рибосома — 15–20 нм, антитіла — 10–15 нм, альбумін — 9–12 нм, ДНК — 2,5 нм, ергокальциферол — 1,6 нм, ретинол — 1,0 нм, АТФ — 0,95 нм, молекула води — 0,3 нм. Амінокислоти також мають розміри нанометрового масштабу: найбільша амінокислота триптофан — 0,9 нм, а найменша (гліцин) — 0,42 нм. Фактично формування живих організмів здійснюється шляхом взаємодії атомів і молекул за біонанотехнологічними принципами, надзвичайно економно та з максимальною ефективністю.

Прикладом отримання наночастинок "зверху—вниз" є напівпровідникові пристрої, структура яких формується фотолітографічною обробкою, коли лазерний промінь руйнує напівпровідникову заготовку до створення нового матеріалу з розмірами нанометрового масштабу. Методами отримання нанокристалічних порошоків є: детонаційний, високотемпературний, газофазний, плазмохімічний синтези, термічний розпад і відновлення, осад з колоїдних розчинів, молекулярних пучків, синтез високодисперсних оксидів у рідких металах [2, 7].

Незалежно від методу, при отриманні наночастинок існує дві проблеми:

- ✦ отримання наночастинок певного розміру при створенні певного наноматеріалу. Сучасні технології не завжди дають можливість отримувати наночастинок однакових розмірів. Інколи домішуються величини інших розмірів, тому виникає необхідність забирати так звані "хвости наночастинок" іншими методами, що підвищує вартість та зменшує продуктивність таких технологій;
- ✦ попередження агломерації (злипання) наночастинок і створення стійких колоїдних систем. Для створення стійких систем додають поверхнево активні речовини, готують такі системи у вигляді суспензій, мазей, супозиторіїв.

3. Властивості наночастинок і наноматеріалів вивчаються в багатьох країнах світу з метою застосування отриманих речовин у різних галузях діяльності людини. Результати проведених експериментальних досліджень показали наявність у частинок з розмірами нанометрового масштабу інших фізичних, фізико-хімічних, біологічних, фармакологічних властивостей в порівнянні з макрооб'єктами. У медичній практиці наночастинок завдяки маленькому розміру можуть проникати безпосередньо через шкіру, органи дихання, травлення, отвори клітинних мембран або через клітинні транспортні механізми і розподілятися по всьому організму. Вивчення цих унікальних характеристик наночас-

тинок дасть можливість розробити нові технології в техніці, медицині, фізіології, фармакології, нутріцитології, сільському господарстві, військовій галузі та ін. [3, 4, 14, 16, 20].

4. Медична практика потребує нових ефективних препаратів для лікування різних захворювань. Тому одним із завдань нанотехнологій є отримання нових медикаментів з розмірами нанометрового масштабу і вивчення їх лікувальних властивостей. У спільній науковій лабораторії "Електронно-променеві нанотехнології неорганічних матеріалів для медицини" Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона і Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця розроблена технологія отримання наночастинок оксидів міді та срібла, які за протимікробною активністю значно перевищують оксиди даних металів звичайних розмірів [8]. Розробка нових технологій виготовлення медикаментів для лікування різних захворювань має важливе не тільки медичне, але і соціальне значення [1, 10, 24, 25].

5. Дослідження впливу нанотехнологій на зовнішнє середовище направлені на розуміння ролі нанотехнологій і наноматеріалів у навколишньому світі. Особливого значення набуває вивчення походження, розподіл і склад багатьох наноструктур, що виникають природним шляхом, а також створюються у процесі виробництва. Важливим уявляється дослідження взаємодії розроблених і природних наноматеріалів з органічними і неорганічними структурами, перенесення ультрадисперсних частинок в колоїдах та аерозолях, зміни пилових наночастинок у міжпланетному просторі. Вивчення цих питань допоможе не тільки зрозуміти атомно-молекулярні процеси в оточуючому світі, але й розробити дійові методи боротьби з забрудненням навколишнього середовища, створити екологічно чисті джерела енергії, принципово нові методи очистки води, біотехнологічні виробництва [13, 18, 23].

6. Технічний прогрес потребує соціальної підтримки, а також призводить до значних змін у суспільному житті, причому такі зміни не

завжди передбачувані. За такого бурхливого розвитку нанотехнологій виникає необхідність надзвичайно ґрунтовно вивчити соціальні, етичні, економічні та екологічні проблеми, які неминуче будуть виникати при впровадженні наноматеріалів у виробництво. Більш широкий розвиток нанонауки буде сприяти розширенню знань людства про навколишній світ, а також впливати на всі аспекти суспільного життя. Уже сьогодні перед ученими стоять завдання — які напрямки нанонауки слід розвивати, а перед урядами — які програми фінансувати? Як передбачити можливий негативний вплив нанотехнологій та наноматеріалів не тільки на живі структури, але й на суспільство в цілому [5, 9, 13].

7. Актуальним напрямком інтенсифікації досліджень нанонауки є підготовка науково-педагогічних кадрів, які будуть проводити дослідження та готувати відповідних фахівців з нанонауки та обмінюватися інформацією про отримані результати як в окремому науковому колективі, так і на міжнародному рівні. Це можливо на основі міждисциплінарного співробітництва і державної підтримки не тільки фінансової, але й організаційної та технічної для забезпечення наукових колективів відповідним обладнанням. Важливу роль має відіграти залучення молодих дослідників до проведення досліджень в царині нанонауки, можливість їх стажування за кордоном у відомих центрах з нанотехнологій. У США створені навчальні центри по підготовці спеціалістів з нанотехнологій, така ж робота проводиться і в інших країнах. На даний час необхідно розпочати підготовку подібних спеціалістів і в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Головенко М., Ларіонов В. Адресна доставка наносистемами лікарських засобів до головного мозку // Вісник фармакології та фармації. — 2008. — № 4. — С. 8—16.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. 2-е изд. Испр. — М.: Физматлит, 2007. — 416 с.
3. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. — М.: Машиностроение, 2007. — 496 с.
4. Кац Е.Ф. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: родословная форм и идей. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 296 с.
5. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию. / Пер. с японск. — М. Бином. Лаборатория знаний, 2007. — 134 с.
6. Лахтин В.М., Афанасьев С.С., Лахтин М.В. и др. Нанотехнологии и перспективы их использования в медицине и биотехнологии // Вестн. РАМН. — 2008. — № 4. — С. 50—55.
6. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая нанотехнология и новые материалы в медицине — первые шаги // Вісник фармакології і фармації. — 2007. — № 12. — С. 5—13.
7. Москаленко В.Ф., Розенфельд Л.Г., Мовчан Б.О., Чекман І.С. Нанотехнології, наномедицина, нанофармакологія: стан, перспективи наукових досліджень, впровадження в медичну практику // 1 національний конгрес "Человек и лекарство — Украина". Київ, 2008. — С. 167—168.
8. Пул Ч.-мл., Оуенс Ф. Нанотехнологии. 2-е, дополненное издание. — Москва: Техносфера. — 2006. — 336 с.
9. Розенфельд Л.Г., Чекман І.С., Тертишина А.І. і ін. Нанотехнології в медицині, фармації та фармакології // Фармакологія та лікарська токсикологія. — 2008. — № 1—3. — С. 3—7.
10. Трефилов В.И. Фуллерены — основа материалов будущего. Киев: Изд-во АДЕФ-Украина, 2001. — 148 с.
11. Фейнман Р.Ф. Внизу полным полно места: приглашение в новый мир физики // Рос. хим. ж. — 2002. — Т. XLVI, № 5. — С. 406—409.
12. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. — М.: Техносфера. — 2006. — 352 с.
13. Чекман І.С., Ніцак О.В. Нанофармакологія: стан та перспективи наукових досліджень // Вісник фармакології та фармації. — 2007. — № 11. — С. 7—10.
14. Чекман І.С., Корнейкова Я.М., Загородний М.І. і ін. Квантові мітки: клінічні та фармакологічні аспекти // Мистецтво лікування. — 2008. — Т. 50, № 4. — С. 72—74.
15. Чуйко А.А., Погорельый В.К., Пентюк А.А. и др. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния. — К.: Наук. думка. — 2003. — 415 с.
16. Agoramoorthy G., Chakraborty C. Re: introduction to nanotechnology potential application in physical medicine and rehabilitation // Am. J. Phys. Med. Rehabil. 2007. — V. 86, № 3. — P. 225-241.
17. Baun A. N. B., Hartmann Ж. К., Grieger Ж. et al. Ecotoxicity of engineered nanoparticles to aquatic invertebrates: a brief review and recommendations for future toxicity testing // Ecotoxicology. — 2008. — V. 17. — P. 387—395.

18. *Cao G., Liu D.* Template-based synthesis of nanorod, nanowire and nanotube // *Advances in Colloid and Interface Science.* — 2008. — Vol. 136. — P. 45–64.
19. *Caruthers S.D., Wickline S.A., Lanza G.M.* Nanotechnological application in medicine // *Current Opinion in Biotechnology.* — 2007. — Vol. 18. — P. 26–30.
20. *Christian P., Von der Kammer F. Baalousha M.* Nanoparticles: structure, properties, preparation and behaviour in environmental media // *Ekotoxicology.* — 2008. — Vol. — P. 326–343.
21. *Elder J.B., Liu C.Y., Apuzzo M.L.J. et al.* Neurosurgery in the realm of 10^{-9} , Part 2: application of nanotechnology neurosurgery — present and future // *Neusurgery.* — 2008. — Vol. 62, № 2 — P. 269–285.
22. *Fischer H.C., Chan W.C.W.* Nanotoxicity: the growing need for in vivo study // *Current Opinion in Biotechnology.* — 2007. — Vol. 18. — P. 565–571.
23. *Jain K.K.* The role of nanobiotechnology in drug discovery // *Med. Princ. Pract.* — 2005. — Vol. 10, № 21. — P. 1435–1442.
24. *Jain K.K.* Nanomedicine: application of nanobiotechnology in medical practice // *Med. Princ. Pract.* — 2008. — Vol. 17, № 2. — P. 89–101.
25. *Medina C., Santos-Martinez M.J., Radomski A. et al.* Nanoparticles: pharmacological and toxicological significance // *Br. J. Pharmacol.* — 2007. — Vol. 150. — P. 552–558.

И.С. Чекман

НАНОНАУКА: ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обобщены литературные данные и результаты проведенных исследований в области наноауки, нанотех-

нологий, наноматериалов. Нанонаука будет развиваться путем проведения фундаментальных исследований нанометрических объектов; разработки технологий синтеза наноматериалов; изучения их свойств; применения нанопрепаратов в медицинской практике, установления возможных токсических влияний на организм человека. Необходимо изучать влияние нанотехнологий и наноматериалов на окружающую среду, готовить специалистов в области нанонанотехнологий.

Ключевые слова: наноаука, нанотехнологии, наноматериалы, перспективы исследований.

I.S. Chekman

NANOSCIENCE: PROSPECTS OF SCIENTIFIC INVESTIGATIONS

In the article literary data and results of own investigations concerning nanoscience, nanotechnologies, nanomaterials are summarized. Nanoscience will be developed by fundamental research of nanometric objects; development of nanomaterials synthesis technologies, studying of their properties; application of nanodrugs in medical practice, establishment of their possible toxic influences on human organism. It is expedient to study influence of nanomaterials on environment, prepare specialists in nanotechnologies.

Key words: nanoscience, nanotechnology, nanomaterials, prospects of investigations.

Надійшла до редакції 24.11.08.