



Оксана КОВАЛЕНКО

молодший науковий співробітник
відділу теорії й методології
природничої та інженерної освіти
Інституту вищої освіти НАПН України

Ключові слова: нанотехнології, історія розвитку нанотехнологій, наукові відкриття, технології майбутнього, нанотехнологічні проекти.

У статті розкривається історія нанотехнологічних відкриттів у науково-дослідних установах України. Показано, що в розвитку цієї галузі досягнутий значний прогрес, а в майбутньому нанотехнології виступатимуть фундаментальним чинником у розвитку науки і суспільства, у зв'язку з чим уже сьогодні необхідно осмислити наслідки такого впливу, виявити механізми взаємодії науки, суспільства і нанотехнологій, що приводять до необоротних соціокультурних змін. На сьогодні ця галузь є однією з найактивніше досліджуваних у світі, щороку публікуються тисячі статей з тематики нанотехнологій у десятках спеціалізованих журналів. В Україні дослідження у галузі нанотехнологій також набули широкого розмаху. У них бере участь значна кількість науково-дослідних інститутів, вищих навчальних закладів, лабораторій. Актуальними в наш час є біоетичні, фармакологічні, токсикологічні фізико-хімічні, фармацевтичні та клінічні аспекти застосування наноматеріалів.

УДК 613.63:615.099:930

НАНОТЕХНОЛОГІЧНІ ВІДКРИТТЯ ТА РОЗРОБКИ В НАУКОВО- ДОСЛІДНИХ УСТАНОВАХ УКРАЇНИ

© Коваленко О., 2014



остановка проблеми та її актуальність. Актуальність дослідження пов'язана з розвитком нанотехнологій і їх дією на людину, суспільство і науку.

Не дивлячись на те, що нанотехнології називають технологіями майбутнього, уже сьогодні в розвитку цієї галузі досягнутий значний прогрес: синтезовані нові гігантські нанокластери ряду металон, фулерени і вуглецеві нанотрубки, багато наноструктур на їх основі і на основі супермолекулярних гібридних органічних і неорганічних полімерів і таке ін. Досягнутий прогрес також у методах спостереження і вивчення властивостей нанокластерів і наноструктур, пов'язаний з розвитком тунельної і скануючої мікроскопії, рентгенівських і оптичних методів з використанням синхротронного випромінювання, оптичної лазерної спектроскопії, радіочастотної спектроскопії, мессбауєрівської спектроскопії тощо [8, с. 9].

Мета і завдання дослідження. Метою статті є реконструкція основних етапів формування і розвитку нанотехнологій, виявлення головних тенденцій та розробок науково-дослідних установ України, аналіз можливостей подальшого розвитку нанонауки в Україні.

Ця тема привертає увагу багатьох вчених, таких як В. Балабанов [18], Е. Дрекслер [15], Н. Кабаясі [9], В. Лук'янець [16], Б. Мовчан [13], К. Корсак [13] та ін. Однак стан розвитку нанотехнологій в Україні та світі майже не висвітлюється в працях науковців, що потребує подальшого дослідження цієї галузі, особливо в Україні.

Нанотехнології – це найбільше досягнення сучасної науки, з ними пов'язують науково-технічну революцію III тисячоліття. Сам термін «нанотехнологія» почали застосовувати американці в 80–90-х рр. минулого століття, у якому «нано» означає (карликовий, дрібний) мільярдну частину (10^{-9}). У 1905 р. німецький фізик А. Ейнштейн опублікував дослідження, у якому довів, що розмір молекули цукру приблизно рівний одному нанометру ($1 \text{ нм} = 10^{-9}$). У недалекому майбутньому нанотехнології дозволять практично у всіх науках проводити в мільйони разів більш точні виміри, вивчати різні процеси на атомно-молекулярному рівні та реєструвати їх найменші відхилення.

З появою нанотехнологій виникають нові галузі – нанонаука, наноінженерія, наноелектроніка, нанохімія. Практичні розробки вже застосовано в досить широкій сфері – електроніці, інформаційних технологіях, медицині, фармакології, фармацевції, сільському господарстві, авіації, космонавтиці, військовій справі, медичних технологіях, молекулярній біології, екологічному моніторингу тощо. Найефективніше нова наука розвивається в США, Китаї, Японії, Росії. Створюються наноімпланти, які відновлюють сітківку ока, досліджуються наночастинки, що здатні знешкодити різноманітні віруси. Серйозний прорив у медицині нанотехнологія здійснює в діагностиці і лікуванні онкології й інших серйозних патологій, виготовляються медичні інструменти, які здатні розрізати відростки нейронів і водночас не пошкодити сусідні тканини.

Тао Мей з Китайської академії наук і його колеги з університету науки і техні-

ки Китаю створили плаваючий мікроробот, який зможе очищувати артерії людини і доставляти ліки безпосередньо до місцепризначення.

Українськими дослідниками засновано і розвивається новий напрям в області отримання нанотехнологій на основі фізичного явища самоконцентрації енергії – ерозійно-вибухові нанотехнології. Потужно запроваджуються досягнення нанонауки і в Росії, зокрема в «Лукойлі» і «Роснано» підписано угоду про співробітництво в нафтогазовій галузі.

Наносвіт готовий забезпечити інноваційною сировиною XXI століття найбільші підприємства світу. Уже розроблено текстиль, будматеріали, косметика, папір, полімери, фармацевтика і багато іншого.

У найближчому майбутньому нанотехнологія стане однією з провідних галузей сучасної науки. Щороку провідні країни світу збільшують на 20–30% бюджет інвестицій на нанотехнології. Саме нанотехнології допоможуть позбутись тих проблем, вирішення яких сьогодні є на межі неможливого. За прогнозами спеціалістів на ринку наноматеріалів на перше місце дуже скоро вийдуть товари мікроелектроніки та продукти здоров'я.

Нанотехнології, наноматеріали, наноелектроніка, нанофізика, нанохімія, нанобіологія, наномедицина, нанофармація та ще багато термінів з префіксом «нано» можна зустріти у відомих наукових журналах та інших виданнях. Видається багато журналів з нанонауки: «Nanotechnology» «Journal of Nanoscience and Nanotechnology» «Journal of Computational and Theoretical Nanoscience», «National Nanotechnology», «Nano Letters», «Nanomedicine», «Small», «Lab Chip», «Langmuir», «IEEE Proceedings Nanobiotechnology», «Journal Biomedical Nanotechnology», «Nano Today», «ACS Nano», «Nano Research», «Nanoscale», «Fullerenes, Nanotubes, and Carbon Nanostructures», «Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine» та ін. У 2004 році в Америці випущена 10-томна «Енцикло-

педія з нанонауки і нанотехнологій». Щорічно проводиться багато конгресів, конференцій, симпозіумів, на яких обговорюються досягнення з нанонауки. У вищих навчальних закладах створюються нові кафедри, факультети з нанонауки. У багатьох країнах організовані центри, інститути з нанотехнологій та міжнародні центри з цього напрямку наукової діяльності.

В Україні вже тривалий час проводять наукові розробки з нанонауки і нанотехнологій. Національна академія наук України в межах спеціальної програми «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» проводить дослідження з фізики металів і сплавів, хімії поверхні, порошкових технологій, мікроелектроніки, колоїдних нанорозчинів, сорбентів, лікарських засобів. Міністерством освіти і науки України спільно з Міністерством промислової політики затверджено Українсько-Російську міжвідомчу науковотехнічну програму «Нанofізика і нанoeлектроніка». Застосування наноматеріалів у клінічній практиці вивчають в Інститутах Академії медичних наук України, національних та медичних університетах країни [16, с. 31].

Останнім часом інститути НАН України та НАМН України активізували вивчення фізичних, фізикохімічних, біохімічних основ нанонауки, нанотехнологій, наномедицини.

Понад 50 років в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона (директор академік Б.Є. Патон) проводяться дослідження з розробки сучасних нанотехнологій, результати яких упроваджені в авіаційну та військову промисловість, космічну галузь, а в останні роки і в медицину. Академіками Б.Є. Патоном і Б.О. Мовчаном розроблена оригінальна електроннопроменева технологія отримання наночастинок неорганічного і органічного походження. У січні 2008 року Інститутом електрозварювання імені Є.О. Патона та Національним медичним університетом імені О.О. Богомольця створена спільна лабораторія «Електроннопроменева нанотехнологія неорганічних матеріалів для медицини» з розробки нових нано-

препаратів [14; 15; 16]. У плані продовження досліджень з наномедицини в 2010 році при Національному медичному університеті імені О.О. Богомольця створений Інститут нанофармакології. Науковці Інституту епідеміології та інфекційних хвороб імені Л.В. Громашевського НАМН України (директор професор В.Ф. Марієвський) спільно з дослідниками лабораторії електроннопроменевої технології неорганічних матеріалів для медицини Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона (директор академік Б.Є. Патон) та Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (ректор академік НАМН В.Ф. Москаленко) встановили, що наночастинки срібла та міді виявляють більш виражену протимікробну дію щодо *Staphylococcus aureus*, ніж звичайні препарати цих металів [19].

Академіком НАН України Б.О. Мовчаном узагальнені дані літератури та власні дослідження з отримання наночастинок за понад 50 років. Б.О. Мовчан дає таке визначення нанотехнологій: «Нанотехнологія – сукупність наукових знань, способів і засобів направлено регульованого складання (синтезу) з окремих атомів і молекул різних речовин, матеріалів та виробів з лінійним розміром елементів структури до 100 нм (1 нм = 10⁻⁹ м; 1 нм = 10⁻¹⁰ А)» [15].

В Інституті металофізики імені Г.В. Курдюмова (директор академік НАН України А.П. Шпак) розроблені методи одержання нанорозмірних дисперсних систем за допомогою електровибуху провідників і електричного пробую рідких середовищ. Ця методика дає змогу отримувати нанопорошки металів, а також вуглецеві наноматеріали: наноалмази, нанотрубки та фулерени. Встановлена висока сорбційна активність нанодисперсного апатиту кальцію, який може застосовуватися як трансплантат при переломах кісток. Виявлено ранні стадії кристалізації в аморфних стрічках. Однією зі структурних складових сплавів системи FeSiB у рідкому та аморфному стані є кристалічні кластери розміром 34 нм. На базі цього академічного інституту проводяться міжнародні конференції з нанотех-

нологій, на яких узагальнюються світові результати досліджень з нанонауки.

Значний цикл досліджень з нанохімії здійснений в Інституті біоколоїдної хімії імені Ф.Д. Овчаренка НАН України (директор д.х.н., професор З.Р. Ульберг). Завдяки дослідженням З.Р. Ульберг і співавторів з'ясовані молекулярні структури комплексів нанометалбіомолекули та принципи виникнення таких комплексів. Виділені основні механізми, що визначають процеси сорбції, гетерокоагуляції й адгезії наночастинок на поверхні клітин [10, с. 20].

В інституті фізики НАН України (директор академік НАН України Л.П. Яценко) розроблено метод створення штучних наноструктур за допомогою стимульованих електричним полем поверхневих хімічних реакцій на поверхні розділу рідина-грань (ІІІ) золота (академік НАН України А.Г. Наумовець і професор О.А. Марченко), що має важливе значення для виявлення високої активності нанорозмірних частинок цього металу. У процесі дослідження міжчастинкової взаємодії орієнтованих анізотропних феромагнітних наночастинок встановлено виникнення коерцитивного поля з формуванням «супермагнітного» стану з корельованим напрямком магнітних моментів (член-кореспондент НАН України С.М. Рябченко та співавтори).

В Інституті фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова (директор академік НАН України В.Ф. Мачулін) з'ясована екситонна природа переходів у гетероструктурах з квантовими точками InAsInP та ідентифіковані екситони, що формуються за участю важких і легких діркових станів (академік НАН України М.П. Лисиця та співавтори). За допомогою розробленої технології формування люмінесцентних Si-нанокластерів встановлене значне збільшення концентрації випромінюючих центрів при випаді атмосфері H_2 або O_2 , що дозволяє приблизно на порядок збільшити інтенсивність свічення (член-кореспондент НАН України В.Г. Литовченко і співавтори). За допомогою поляризаційної модуляції випромінювання встановлені особливості

поверхневого плазмонного резонансу в нанорозмірних плівках золота, нанесених на поверхню призми повного внутрішнього відбиття (Б.К. Сердега і співавтори).

В Інституті експериментальної патології, онкології і радіобіології імені Р.Є. Кавецького (директор академік НАН України В.Ф. Чехун) спільно з Інститутом електрозварювання імені Є.О. Патона (директор академік Б.Є. Патон) розробляють нові варіанти колоїдних систем з магнітними наночастинами Fe_3O_4 з метою створення протипухлинних препаратів.

Українські вчені відомі своїми дослідженнями з вивчення властивостей наноструктур кремнію. Член-кореспондент НАН України М. Я. Валах і співробітники отримали цікаві дані про можливість керування характеристиками самоорганізованих SiGe наноструктур шляхом зміни традиційного напруженого кремнієвого буферного шару. Це зумовлює зміну величини, форми, поверхневої щільності та компонентного складу сформованих наночастинок.

У Донецькому фізикотехнічному інституті імені О.О. Галкіна НАН України (член-кореспондент НАН України В.М. Варюхін) встановлені якісні зміни властивостей кобальтиту лантану при переході до нанорозмірних частинок. Це дає підстави стверджувати, що магнітний стан кобальтиту лантану визначають розміри його елементарної поверхні.

В Інституті магнетизму НАН та МОН України (директор академік НАН України В.Г. Бар'яхтар) встановлено, що зміни амплітуд осциляцій викликають також зміни осциляцій гігантського магнетоопору в металевих магнітних наноструктурах. Такий ефект спостерігається у дво- і тришарових плівках ФМ/РЗМ при зміні в них товщин немагнітних металевих прошарків (член-кореспондент НАН України А.М. Погорілий, В.Ф. Лось).

У науково-технічному комплексі «Інститут монокристалів» (директор академік НАН України В.П. Семиноженко) розроблено наноматеріали, які можна застосовувати в медичній практиці і фармації.

В Інституті хімії поверхні імені О.О. Чуйка НАН України (директор член-кореспондент НАН України М.Т. Каргель) спільно з Вінницьким національним медичним університетом (ректор академік НАМН В.М. Мороз) розроблено і впроваджено в медичну практику новий препарат сорбційно-детоксикаційної дії на основі нанокремнезему силікс [12, с. 20]. На кафедрі фармакології та клінічної фармакології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця розроблено нову лікарську форму силіксу – суспензію нанодисперсного кремнезему. Вона мінімізує токсичність і негативний вплив на функцію печінки таких сполук, як натрію фторид і натрію нітрит, а також протитуберкульозних препаратів ізоназиду, піразинаміду, етамбутолу, що різняться механізмом негативного впливу на організм і хімічною структурою. За фармакологічною активністю суспензія нанодисперсного кремнезему перевищує препарати звичайного кремнезему.

Майже півстоліття проводять дослідження з нанотехнологій в Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України (директор академік НАН України С.В. Волков). Тут винайшли технологію синтезу дрібнодисперсних систем із сажі (згодом її назвали нанотрубками) і методику розчинення металів у полімерному середовищі, яку застосовують у магнітному записі інформації та у хімічних засобах одержання наночастинок [18].

Тривають дослідження з нанотехнологій в інших Інститутах НАН України: фізичної хімії імені Л.В. Писаржевського (директор академік НАН України В.Д. Походенко), фізико-технічному інституті низьких температур імені Б.І. Веркіна (директор член-кореспондент НАН України С.Л. Гнатченко), проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича (директор академік НАН України В.В. Скороход), біохімії імені О.В. Палладіна (директор академік НАН України С.В. Комісаренко), фізико-хімічному інституті імені О.В. Богатського (директор академік НАН України С.А. Андронаті).

Одним із перших вітчизняних препаратів з ліпосом є ліпін – спільна розробка Інституту фармакології і токсикології АМН України (директор член-кореспондент НАМН, професор Т.А. Бухтіарова) і Харківського фармацевтичного підприємства "Біолік". Основний компонент препарату – нанокapsули фосфатидилхоліну, який є природним компонентом біомембран. Препарат виявляє антигіпоксичну дію, пригнічує процеси перекисного окиснення ліпідів, підвищує неспецифічний імунітет, модулює функцію адренорецепторів [5].

Дослідження у сфері нанонауки, нанотехнологій і наномедицини здійснюються в наукових колективах НАМН України, зокрема, Інституті епідеміології та інфекційних хвороб імені Л.В. Громашевського НАМН України (директор професор В.Ф. Марієвський), Інституті гематології і трансфузіології (директор професор П.М. Перехрестенко), Інституті очних хвороб (директор професор Т.В. Пасічникова) та ін. Цікаві дослідження з нанотоксикології органічних та неорганічних наноматеріалів проводяться в Інституті гігієни і медичної екології (директор академік НАМН А.М. Сердюк) та в Інституті медицини праці НАМН України (директор академік НАН України Ю.І. Кундієв).

Дослідження різних аспектів цього напрямку науки проводяться в багатьох вищих навчальних медичних (фармацевтичних) закладах: крім Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (ректор академік НАМН України В.Ф. Москаленко), також у Харківському національному медичному університеті (ректор член-кореспондент НАМН В.М. Лісовий), Львівському національному медичному університеті (ректор професор В.П. Зіменковський), Національному фармацевтичному університеті (ректор член-кореспондент НАН В.П. Черних), Вінницькому національному медичному університеті (ректор академік НАМН В.М. Мороз), Запорізькому медичному університеті (ректор професор Ю.М. Колесник), Дніпропетровській медичній академії (ректор академік НАМН

Г.В. Дзяк), Одеському медичному університеті (ректор академік НАМН В.М. Запорожан), Тернопільському медичному університеті (ректор член-кореспондент НАМН Л.А. Ковальчук), Луганському медичному університеті (ректор професор В.М. Івченко), Полтавській медичній стоматологічній академії (ректор професор В.М. Ждан), Національній медичній академії післядипломної освіти (ректор академік НАМН Ю.В. Вороненко) та інших ВНЗ.

Можна констатувати, що основні фізичні, хімічні та фізикохімічні властивості наноматеріалів встановлені. Але у вітчизняній і світовій літературі недостатньо досліджень з вивчення біологічних, фізіологічних, біохімічних, фармакологічних, фармацевтичних, токсикологічних властивостей наноматеріалів органічного і неорганічного походження [2; 3; 6; 7; 9; 12; 17].

У США, Японії, Євросоюзі, Китаї, Росії та інших країнах дослідження з нанонауки та нанотехнологій визначені вищими національними пріоритетами, затверджуються спеціальні програми, на реалізацію яких виділяються значні кошти. Розробки з нанотехнологій почали використовуватися в електроніці, матеріалознавстві, військовій галузі, біології, медицині, енергетиці, охороні довкілля, сільському господарстві. Усе це переконливо свідчить, що з 80-х років ХХ століття розпочалась ера нанонауки і нанотехнологій. Учені світу вважають, що реалізація досліджень з нанонауки сприятиме значному прогресу в різних сферах діяльності людини.

Отримані за допомогою нанотехнологій наноматеріали застосовуються у різних галузях діяльності людини та входять до складу: сплавів нанометалів, каталізаторів,

плівок у електроніці, магнітних матеріалів, біосенсорів, медикаментів, спеціальних засобів для доставки лікарських препаратів до уражених тканин, захисних покриттів, що наносяться на матеріали тощо.

Аналіз цих досліджень свідчить, що нанонаука в Україні буде розвиватися у таких основних напрямках:

- фундаментальні дослідження нанометричних явищ, процесів, об'єктів;
- розробка технологій синтезу наноматеріалів, необхідної апаратури і впровадження їх, а також стандартів такого виробництва в практичну діяльність людини;
- вивчення властивостей наночастинок і наноматеріалів;
- отримання нанопрепаратів для застосування у медичній практиці, дослідження їх лікувальних та можливих токсичних властивостей;
- дослідження природних наноструктур та наномеханізмів у функціонуванні біологічних систем;
- вивчення впливу нанотехнологій і наноматеріалів на навколишнє середовище.

Усі ці напрями, безсумнівно, знаходяться у сфері державного впливу. Зазначимо, що подолання відставання інноваційного розвитку України, на наш погляд, можливе виключно за рахунок співпраці нашої держави з країнами, які вже мають певний потенціал і досвід розвитку нанотехнологій, зокрема з Росією, а також спрямування зусиль на вузький сегмент. Для розвитку нанотехнологій необхідно виробити загальнодержавну стратегію України з цього питання, що дозволить сконцентрувати зусилля на конкретно визначених дослідженнях та на впровадженні їх результатів у виробництво.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Балабанов В. И.** Нанотехнологии. Наука будущего / В. И. Балабанов. – М.: Эксмо, 2009. – 256 с.
2. **Головенко М.** Адресна доставка наносистемами лікарських засобів до головного мозку / М. Головенко, В. Ларіонов // Вісник фармакології та фармації. – 2008. – № 4. – С. 816.
3. **Головин Ю. И.** Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. 496 с.

CITED LITERATURE

1. **Balabanov V. I.** Nanotechnology. Science of the future / V. I. Balabanov : Eksmo , 2009. – 256 p.
2. **Golovenko M.** Targeted delivery by nanosystems of drugs to the brain / M. Golovenko, V. Larionov // Journal of Pharmacology and Pharmacy. 2008. – N 4. – P. 816.
3. **Golovin Yu I.** Introduction to nanotechnology / Yu. I. Golovin, M : Mashinostroenie , 2007. – 496 p.

4. **Грибин Д.** Ричард Фейнман: жизнь в науке / Д. Грибин, М. Грибин – М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2002. – 288 с.
5. **Григор'єва Г. С.** Реальна нанофармакологія: становлення, міфи та успіх ліпософофармакології / Г. С. Григор'єва // Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2007. – Т. 4, № 5. – С. 83–88.
6. **Гусев А. И.** Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – [2-е изд.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
7. **Кац Е. Ф.** Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: родословная форм и идей / Е. Ф. Кац. – [2-е изд.]. – М. : URSS, 2008. – 294 с.
8. **Керл Р. Ф.** Истоки открытия фуллеренов: эксперимент и гипотеза / Р. Ф. Керл // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 168, № 3. – С. 331–342.
9. **Кобаяси Н.** Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; [пер. с яп.]. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 134 с.
10. **Крото Г.** Симметрия, космос, звёзды и C60 / Г. Крото // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 168, № 3. – С. 343–358.
11. Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния / [Чуйко А. А., Погорелый В. К., Пентюк А. А. и др.]. – К. : Наукова думка, 2003. – 415 с.
12. **Мовчан Б. А.** Электроннолучевая гибридная нанотехнология осаждения неорганических материалов в вакууме / Б. А. Мовчан // Актуальные проблемы современного материаловедения. – К. : Академперіодика, 2008. – Т. 1. – С. 227–247.
13. **Мовчан Б. А.** Электроннолучевая нанотехнология и новые материалы в медицине первые шаги / Б. А. Мовчан // Вісник фармакології і фармації. – 2007. – № 12. – С. 513.
14. Нанонаука і нанотехнології: технічний, медичний та соціальний аспекти / Б. Є. Патон, В. Ф. Москаленко, І. С. Чекман [та ін.] // Вісник НАН України. – 2009. – № 6. – С. 18–26.
15. Нанотехнологии и перспективы их использования в медицине и биотехнологии / В. М. Лахтин, С. С. Афанасьев, М. В. Лахтин [и др.] // Вестник РАМН. – 2008. – № 4. – С. 50–55.
16. Нанохімія. Наносистеми. Наноматеріали / [Волков С. В., Ковальчук С. П., Генко В. М., Решетняк О. В.]. – К. : Наукова думка, 2008. – 422 с.
17. Наукові основи наномедицини, нанофармакології та нанофармації / В. Ф. Москаленко, В. М. Лісовий, І. С. Чекман [та ін.] // Вісник Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця. 2009. – № 2. – С. 17–31.
18. **Ніцак О. В.** Ефективність суспензії нанодисперсного кремнезему при гепатиті, викликаному ізоніазидом / О. В. Ніцак, Л. І. Казак, І. С. Чекман // Фармакологія та лікарська токсикологія. – 2008. – № 13. – С. 66–69.
19. **Пул Ч. мл.** Нанотехнологии / Пул Ч. мл., Оуенс Ф. – [2-е изд.]. – М. : Техносфера, – 2006. – 336 с.
4. **Hribin D.** Richard Feyman: Life in Science / Hribin D., M. Hribin. Moskva-Izhevsk : Institute of computer research , 2002. 288 p.
5. **Grigorieva G. S.** Real nanofarmacology: formation, myths and success liposomofarmacology / G. Grigoriev // Pharmacology and Drug Toxicology., 2007. V. 4, No 5. – P. 83–88.
6. **Gusev A. I.** Nanomaterials , Nanostructures , Nanotechnology / A. I. Gusev [2nd ed.]. Moscow : FYZMATLYT – 2007. – 416 p.
7. **Katz E. F.** Fullerenes, carbon nanotubes and nanoclusters: origin of forms and ideas / Katz E. F. [2nd ed.]. Moscow : URSS, 2008. – 294 p.
8. **Curl R. F.** Origins fullerene discovery: experiment and hypothesis / R. F. Curl // Success of physics sciences. – 1996. – Vol. 168. – No 3. – P. 331–342.
9. **Kobayashi H.** Introduction to Nanotechnology / N. Kobayashi, [transl. from Japan.] Moscow : BINOM. Laboratory of Knowledge, 2005. – 134 p.
10. **Kroto H.** Symmetry, space, and stars C60 / H. Kroto // Success of physics sciences. – 1996. – Vol. 168, No 3. – P. 343–358.
11. Medical Chemistry and clinical application of silicon dioxide / [Chuyko A.A., Pohorely V.K., Pentyuk A.A. and others]. Kyiv: Naukova Dumka, 2003. – 415 p.
12. **Movchan B. A.** Electronic-radial hybrid nanotechnology for precipitate of nonorganic materials in vacuum / Movchan B. A. // Actual problems of modern material-learning. K. : Akademperіodyka, 2008. – Vol. 1. – P. 227–247.
13. **Movchan B. A.** Electronic-radial Nanotechnology and New Materials: First steps / B. A. Movchan // Journal of Pharmacology and Pharmacy. – 2007. – No 12. – P. 513.
14. Nanoscience and nanotechnology: engineering, medical and social aspects / B. Paton, V. Moskalenko, I. Chekman [et al.] // Journal of NAS of Ukraine. – 2009. – No 6. – P. 18–26.
15. Nanotechnology and prospects of its use in medicine and biotechnology / V.M. Lahtyn , S. Afanas'ev, M.V. Lahtyn [etc.] // Journal of Medical Sciences. – 2008. – No 4. – P. 50–55 .
16. Nanochemistry. Nanosystems . Nanomaterials / [S. V. Volkov., Kovalchuk S. P., Hank V., O. V. Reshetnyak]. Kyiv : Naukova Dumka – 2008. – 422 p.
17. Scientific basis of nanomedicine, nanofarmacology and nanofarmacy / V. F. Moskalenko, V. N. Lisovy, I. S. Chekman [et al.] // Bulletin of the National Medical University named after A. A. Bogomolets . – 2009. No 2. – P. 17–31.
18. **Nitsak A. V.** Effectiveness of nanodispersed silica suspension in hepatitis caused by isoniazid / O. V. Nitsak, L.I. Kazak I.S. Chekman // Pharmacology and medical toxicology. – 2008. – No 13. – P. 66–69 .
19. **Pool Ch. jun.** Nanotechnology / Pool Ch. jun., F. Owens [2nd ed.]. Moscow: Technosphere. – 2006. – 336 p.