

**ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО З ПИТАНЬ НАУКИ,
ІННОВАЦІЙ ТА ІНФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ**

**Український інститут науково-технічної
і економічної інформації**

Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк,
Т.К. Кваша, Л.А. Мусіна, Г.В. Новіцька

**Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до
впровадження**

Київ 2011

УДК 620.3:620.2 0- 181.4

ББК 65.304.15 ÷ 65.39

Рекомендовано до друку вченою радою Українського інституту науково-технічної і економічної інформації Державного агентства з питань науки, інновацій та інформації України (протокол № 6 від 24 вересня 2010 р.)

Рецензенти:

Чмир Олена Сергіївна, доктор економічних наук, професор, заступник директора Науково-дослідного економічного інституту Мінекономіки України.

Калитич Георгій Ілліч, доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник Українського інституту науково-технічної і економічної інформації.

Єгоров Ігор Юрійович, доктор економічних наук, завідувач відділу Центру досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України.

Автори:

Андрощук Г.О., канд. екон. наук – наук. ред., вступ, розд. 4.4; 5.1.8.; 5.2; додатки 1;2

Ямчук А.В. – вступ, розд. 3

Березняк Н.В. – розд. 4.1-4.3; 5.1; 5.3; 7-7.3; висновки

Кваша Т.К. – розд. 1; 2; 7.2.1

Мусіна Л.А., канд. екон. наук – розд. 6; 7.4; висновки

Новіцька Г.В. – пошук джерел; техн. ред.; додаток 3

Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження / Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк, Т.К. Кваша та ін.: монографія. – К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 272с.

Викладено результати системного аналізу ринкових тенденцій розвитку нанотехнологій, проведеного на основі економетричних показників. Здійснено огляд нанотехнологій, розглянуто основи класифікації наноматеріалів, їх властивості, напрями застосування і комерціалізації. Досліджено науково-технологічні пріоритети наноіндустрії, узагальнено світові тенденції розвитку наносфери, впровадження національних нанотехнологічних стратегій і програм, фінансування нанодосліджень і нанорозробок, особливостей і напрямів розвитку наноринку.

Показано загальні підходи до патентування ідей і винаходів у наносфері. Вивчено досвід Європейського Союзу (ЄС) і Росії щодо проведення аналізу наукометричних індикаторів розвитку нанотехнологій: патентної активності, кількості наукових публікацій і посилань. Вивчено досвід США і Німеччини щодо розвитку наносфери. Особливу увагу приділено досвіду Росії у запровадженні Стратегії розвитку наноіндустрії, зокрема - діяльності корпорації "Роснанотех". Описано методологію та інструментарій стратегічного планування розвитку нанотехнологій з урахуванням досвіду США та ЄС.

Проаналізовано тенденції розвитку нанотехнологічної сфери в Україні, досліджено нормативно-правову базу з цієї тематики, виділено актуальні нанотехнологічні напрями. Проведено аналіз проблем, що заважають розвитку наносфери в Україні, даються рекомендації щодо посилення стратегічних підходів планування нанодосліджень та розвитку наноіндустрії.

Розраховано на представників органів державної влади, наукових та інженерно-технічних працівників, викладачів вищих навчальних закладів, аспірантів і студентів відповідних спеціальностей.

ISBN 978-966-479-035-9

© Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк,
Т.К. Кваша, Л.А. Мусіна, Г.В. Новіцька, 2011

© УкрІНТЕІ, 2011

© Державне агентство з питань науки, інновацій та
інформації України, 2011

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД НАНОТЕХНОЛОГІЙ	11
1.1 НАНОМАТЕРІАЛИ.....	15
1.2 НАНОЕЛЕКТРОНІКА	15
1.3 НАНОІНСТРУМЕНТИ (ДІАГНОСТИКА НАНОСТРУКТУР).....	18
1.4 НАНОБІОТЕХНОЛОГІЇ.....	20
1.5 НАНОМЕДИЦИНА.....	21
1.6 НАНО- І МІКРОЕЛЕКТРОМЕХАНІКА	23
2 ПОНЯТТЯ ПРО НАНОМАТЕРІАЛИ. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ТИПИ СТРУКТУР НАНОМАТЕРІАЛІВ.....	26
2.1 ТЕРМІНОЛОГІЯ.....	26
2.2 ОСНОВИ КЛАСИФІКАЦІЇ НАНОМАТЕРІАЛІВ	28
2.3 ОСНОВНІ ТИПИ СТРУКТУР НАНОМАТЕРІАЛІВ	29
2.4 ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЇХНЬОГО ЗАСТОСУВАННЯ	30
3 ВВЕДЕННЯ В НАНОІНДУСТРІЮ.....	39
3.1 ФУНДАМЕНТАЛЬНИЙ БАЗИС НАНОІНДУСТРІЇ	40
3.2 ПРИРОДНИЧОНАУКОВИЙ БАЗИС НАНОІНДУСТРІЇ	42
3.3 НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ НАНОІНДУСТРІЇ	47
3.4 ОСВІТНІЙ БАЗИС НАНОІНДУСТРІЇ.....	49
4 СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАНОСФЕРИ	52
4.1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД. НАЦІОНАЛЬНІ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ НАНОСФЕРИ. ІНВЕСТИВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ	52
4.2 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАНОРИНКУ.....	63
4.3 ДЕРЖАВНЕ Й ПРИВАТНЕ ФІНАНСУВАННЯ НАНОДОСЛІДЖЕНЬ І НАНОРОЗРОБОК	67
4.4 ПАТЕНТУВАННЯ ІДЕЙ І ВИНАХОДІВ У НАНОСФЕРІ. АНАЛІЗ НАУКОМЕТРИЧНИХ ІНДИКАТОРІВ: ДОСВІД РОСІЇ	73
4.4.1 ЗАГАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ПАТЕНТУВАННЯ НАНОІДЕЙ І НАНОВИНАХОДІВ....	73
5 ДОСВІД ОКРЕМИХ КРАЇН СВІТУ ЩОДО РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ.....	109
5.1 СПОЛУЧЕНІ ШТАТИ АМЕРИКИ	109
5.1.1 Організаційно-адміністративна система координування діяльності в наносфері.....	109
5.1.2 Інформаційно-аналітичне забезпечення NNI	114
5.1.3 Цілі та пріоритети програми NNI.....	115
5.1.4 Програмні компоненти – PCAs.....	117
5.1.5 Міжвідомче і міждисциплінарне координування в рамках NNI....	119

5.1.6 Управління пріоритетними проектами NNI	120
5.1.7 Бюджетне фінансування програми NNI.....	122
5.1.8 Нормативно-правове регулювання наносфери	122
5.2 НІМЕЧЧИНА	127
5.2.1 Формування інфраструктури як базова умова стійкого розвитку наносфери.....	128
5.2.2 Аналіз сильних і слабких сторін як методологічна основа розробки нанопрограми.....	129
5.2.3 "Головні інновації" як основний інструмент реалізації нанопрограми.....	131
5.2.4 Використання широкого набору інструментів для розбудови наносфери.....	132
5.2.5 Мережеві наноструктури.....	133
5.2.6 Форум "Майбутнє нанотехнологій"	133
5.2.7 Оптимізація механізмів адміністрування програмам державної підтримки наносфери.....	133
5.2.8 Підготовка кваліфікованих наукових кадрів.....	134
5.2.9 Охорона навколишнього середовища і здоров'я споживачів нанопродуктів. Інформування громадськості	134
5.3 ДОСВІД РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ.....	135
5.3.1 Стратегія розвитку наноіндустрії	135
5.3.2 Російська державна корпорація нанотехнологій "Роснанотех"	138
5.3.3 Роль держави у забезпеченні безпеки і стандартизації нанопродукції	141
5.3.4 Російський ринок нанотехнологій.....	143
5.3.5 Проблеми комерціалізації нанотехнологій.....	146
5.3.6 Національна нанотехнологічна мережа	147
5.3.7 Участь регіонів РФ у розвитку нанотехнологій	150
5.3.8 Дорожні карти як спосіб організації нанорозробок.....	155
6 МЕТОДОЛОГІЯ ТА ІНСТРУМЕНТАРІЙ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ: РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ МІЖНАРОДНОГО ДОСВІДУ.....	156
6.1 ВИМОГИ ДО ІНСТРУМЕНТАРІЮ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	156
6.2 ОСНОВНІ ЗАСАДИ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ, ОРІЄНТОВАНОГО НА РЕЗУЛЬТАТ	158
6.3 СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ НАУКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ США ЯК ПЛАТФОРМА ДЛЯ КООРДИНАЦІЇ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	163
6.4. НАЦІОНАЛЬНА НАНОТЕХНОЛОГІЧНА ІНІЦІАТИВА У СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ США.....	168
6.5 СТРАТЕГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ПЛАНУВАННЯ ТА КООРДИНАЦІЇ РОЗВИТКУ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ У ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ	173
6.5.1 Європейська стратегія розвитку нанонаук і нанотехнологій – у напрямі посилення партнерства та концентрації ресурсів	179

7 РОЗВИТОК НАНОТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ	185
7.1 Фундаментальні і прикладні нанодослідження. Нормативно-ПРАВОВА БАЗА	185
7.2 АКТУАЛЬНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ	194
7.2.1 Форсайт-дослідження пріоритетних для України нанотехнологій	194
7.2.2 Вітчизняні та зарубіжні пріоритетні напрями.....	197
7.3 ПРОБЛЕМИ, ЩО ЗАВАЖАЮТЬ РОЗВИТКУ ВІТЧИЗНЯНИХ НАНОТЕХНОЛОГІЙ	200
7.4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ УКРАЇНИ ЩОДО ПОСИЛЕННЯ СТРАТЕГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО ПЛАНУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА РОЗВИТКУ НАНОІНДУСТРІЇ	207
ВИСНОВКИ	213
ЛІТЕРАТУРА.....	220
Додаток 1 Перелік патентів на винаходи за напрямом „Нанотехнології”, зареєстрованих у 2005–2009 рр.	228
Додаток 2 Перелік патентів на корисні моделі за напрямом „Нанотехнології”, зареєстрованих у 2005–2009 рр.	231
Додаток 3. Перелік наукових проектів Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010 рік	237

Вступ

Термін «нанотехнологія» придумав і в 1974 р. увів в обіг професор Токійського університету *Норіо Танігучи*. На його думку нанотехнологія включає обробку, поділ, об'єднання й деформацію окремих атомів і молекул речовини, при цьому розмір наномеханізму не повинен перевищувати одного мікрона, або тисячі нанометрів. Ще в 1959р. американський фізик, лауреат Нобелівської премії *Річард Фейнман* висловив припущення, що незабаром багато матеріалів і устроїв будуть виготовляти на атомарному або молекулярному рівні, і що це допоможе одержувати матеріали з небаченими досі властивостями. Однак лише в 1980-х роках, з'явилася вимірювальна й робоча апаратура, необхідна для обігу з нанорозмірними об'єктами – скануючі зондові мікроскопи.

Нанотехнології є сферою знань, пов'язаною з матеріалами й системами, структури й окремі компоненти яких є феноменальними явищами й процесами, мають абсолютно нові або істотно поліпшені властивості, обумовлені їх нанотехнологічними розмірами. Специфічна риса нанотехнологій – їх міждисциплінарний, комплексний характер, тобто можливість використання того самого винаходу в багатьох сферах: хімії, біології, електроніці, медицині, сільському господарстві, промисловості, екології.

Вплив нанотехнологій на суспільне життя обіцяє мати загальний характер, змінити економіку й торкнутися всіх сторін побуту, роботи, соціальних відносин. По суті, нанотехнології дають початок третій, небаченій за своїм розмахом, науково-технічній революції (НТР-3), що змінює вигляд світу. Відповідно частка інтелектуального внеску в будь-який кінцевий продукт різко зростає. Якщо в індустріальному суспільстві, у якому ми живемо, частка НДДКР у кінцевому продукті не перевищує 15– 20%, то в постіндустріальному вона має бути не менш 60%. Тобто дослідження й розробки НДДКР стають усе більш істотною частиною високотехнологічного продукту.

Нанотехнології – це єдиний надгалузовий фундамент розвитку всіх без винятку галузей нової наукомісткої економіки постіндустріального суспільства. Наразі нанотехнології – це найбільш фінансований науковий напрямок. Обсяг ринку наноматеріалів сьогодні оцінюється в 2,5 млрд. євро. До 2015 р., за оцінками експертів, світовий ринок продукції нанотехнологій складе трильйон доларів США, при потребі у фахівцях більше 2 млн. чоловік

В основі науково-технічного прориву на нанорівні, що форсується промислово розвиненими країнами, лежить використання нових, раніше не відомих властивостей і функціональних можливостей матеріальних систем при переході до наномасштабів, обумовлене особливостями процесів переносу і розподілу зарядів, енергії, маси й інформації при наноструктуруванні. Значна кількість кардинально

відмінних властивостей наноматеріалів стосовно об'ємних властивостей того ж хімічного складу залежить від ефектів багаторазового збільшення частки поверхні нанозерен і нанокластерів (до сотень квадратних метрів на грам). Із цим пов'язані нові властивості багатьох конструкційних і неорганічних наноматеріалів.

У нанотехнологіях керуюча інформація передається нанозондом окремо кожному атому і молекулі "силовим методом". У цьому принципова відмінність нанотехнологій від традиційних технологій, в яких потік керуючої інформації подається вихідному матеріалу як цілому. До сфери такої діяльності відносяться об'єкти з розмірами, що вимірюються у нанометрах¹. Один нанометр представляє собою мільйонну частину міліметра. Це мізерно мала величина у порівнянні з розмірами атомів. Дослідники виявили, що речовина на атомарному рівні поводить себе зовсім інакше, ніж на молекулярному. У цьому й полягає завдання нанотехнологій: знайти атом з необхідними властивостями й помістити його у потрібне місце. Незначна кількість наночасток перетворює знайомі матеріали на такі, які неможливо упізнати, оскільки в них з'являються зовсім несподівані й корисні властивості.

Отримані за допомогою нанотехнологій наноматеріали мають різне застосування. Це і сплави наноматеріалів, 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 тощо.

Серед основних складових науки про наноматеріали і нанотехнології можна виділити:

- фундаментальні дослідження властивостей матеріалів на наномасштабному рівні;
- розвиток нанотехнологій як для цілеспрямованого створення наноматеріалів, так і для пошуку й використання природних об'єктів з наноструктурними елементами, створення готових виробів з використанням наноматеріалів та інтеграції наноматеріалів і нанотехнологій у різні галузі промисловості й науки;

¹ Міжнародна система одиниць

Частка	
10 ⁻¹	деци
10 ⁻²	санті
10 ⁻³	мілі
10 ⁻⁶	мікро
10 ⁻⁹	нано
10 ⁻¹²	піко
10 ⁻¹⁵	фемто
10 ⁻¹⁸	атто

- розвиток засобів і методів дослідження структури й властивостей наноматеріалів, а також методів контролю й атестації виробів і напівфабрикатів для нанотехнологій [1].

Існують два основні способи створення наноматеріалів. Один з них - "знизу-вверх". Такий спосіб припускає, що наноструктури із заданими властивостями формуються послідовно з атомів і молекул, від незначних об'ємів - до більших. Цей напрям розвитку нанотехнологій пов'язаний, у першу чергу, з використанням високовартісного устаткування, зокрема скануючого тунельного мікроскопу, що дозволяє наносити один атом на інший або шари атомів однієї речовини на іншу.

Інший спосіб - "зверху-вниз", або від об'ємного матеріалу - до високодисперсних (найдрібніших) часток. Такий спосіб не передбачає значних витрат. (Устаткування для проведення таких досліджень існує в Україні). Прикладом отримання наночасток цим способом є напівпровідникові пристрої, структура яких формується фотолітографічною обробкою, коли лазерний промінь руйнує напівпровідникову заготовку до створення нового матеріалу з розмірами нанометрового масштабу.

На сьогодні інтерес до нового класу матеріалів у фундаментальній і прикладній науці, а також у промисловості й бізнесі постійно зростає [1-6]. Це обумовлено такими причинами:

- прагненням до мініатюризації виробів;
- унікальними властивостями матеріалів у наноструктурному стані;
- необхідністю розробки й впровадження нових матеріалів з якісно й кількісно новими властивостями;
- розвитком нових технологічних прийомів і методів, що базуються на принципах самозбирання і самоорганізації;
- практичним упровадженням сучасних приладів дослідження й контролю наноматеріалів (зондова мікроскопія, рентгенівські методи, нанотвердість тощо);
- розвитком і впровадженням нових технологій (іонно-плазмені технології обробки поверхні й створення тонких шарів і плівок, LiGA-технології, що представляють собою послідовність процесів літографії, гальваніки й формування, технології одержання й формування нанопорошків тощо) [2].

Особливі властивості наноматеріалів покладено в основу більшості інноваційних рішень у всіх сферах традиційного виробництва. Інтегруюча роль нанотехнологій висуває їх на одне з перших місць у сфері критичних технологій, без розвитку яких жодна країна світу не може претендувати на конкурентний технологічний прогрес і створення своєї інтелектуальної власності у сфері науки й технологій.

Початок ХХІ ст. ознаменовано революційним розвитком наноматеріалів і нанотехнологій, які застосовуються у всіх розвинених країнах світу в найбільш значущих сферах людської діяльності (промисловості, обороні, інформаційній сфері, електроніці, енергетиці, транспорті, біотехнології, медицині).

Аналіз зростання темпів впровадження фундаментальних і прикладних розробок та обсягів їх інвестування, кількості патентів на винаходи і наукових публікацій за цією тематикою дозволяє зробити висновок про те, що в найближчі 20 років застосування наноматеріалів і нанотехнологій стане одним із визначальних факторів наукового, економічного й оборонного розвитку держав. Ряд нанотехнологій (зокрема технології створення нанороботів) мають подвійне призначення, тобто можуть використовувати як у цивільних, так і військових цілях. Це обмежує вільне поширення деяких розробок.

Деякі експерти прогнозують, що ХХІ ст. буде століттям нанотехнологій (аналогічно тому, як ХІХ ст. стало століттям пари, а ХХ ст. - століттям атома й комп'ютера).

Ось чому більше ніж в 50 промислово розвинених країн світу гігантськими кроками прямують у напрямі розвитку наукових досліджень у сфері нанотехнологій, комерціалізації результатів нанорозробок, завоювання ринків нанопродуктів. На цей час у світі створено 16 тис. нанотехнологічних компаній, якими вироблено понад 3 тис. споживчих нанопродуктів. Для ефективного упровадження нанотехнологій у США, Японії, Німеччині, Швеції, Франції, Китаї, Південній Кореї, а з 2007 р. – і в Росії та інших країнах реалізуються широкомасштабні національні програми, обсяги фінансування яких з року в рік збільшуються.

За останні 20 років Україна за багатьма показниками розвитку наноматеріалів і нанотехнологій суттєво відстає від промислово розвинених країн і все більше втрачає можливості зайняти свою нішу на світовому наноринку.

Матеріали наукової монографії є результатом багаторічного системного дослідження досвіду передових країн світу та України щодо розвитку нанонауки, наноматеріалів, нанотехнологій і не мають вітчизняних аналогів. Проведений авторами економетричний аналіз, запропоновані методологія та інструментарій стратегічного планування розвитку нанотехнологій, рекомендації та висновки призначені для використання в роботі організаторів науково-технічної та інноваційної діяльності, наукових, інженерно-технічних працівників, викладачів вищих начальних закладів відповідних спеціальностей, а також фахівців для формування та реалізації ефективної інноваційної політики держави.

1 Огляд нанотехнологій

Термін "нанотехнологія" або "нанотехнології", як вже зазначалося, введено професором Токійського університету Норіо Танігучі в 1974 р. у контексті обробки матеріалів шляхом додавання або видалення атому чи молекули. У 1981 р. термін популяризовано співробітником Сандійської національної лабораторії Е. Дрекслером, який використав поняття нанотехнології для узагальнення процесів створення матеріалів, структур і приладів із зернами, шарами і елементами в нанометровому діапазоні, а також методів їхнього виміру [7]. Особлива увага до нанотехнологій виникла після виходу його книги [8], у якій в науково-популярному стилі з елементами наукової фантастики описано майбутню еру цих технологій [9].

Незважаючи на наявність різних визначень нанотехнологій, єдиного узгодженого варіанту, причому такого, який утворював би основи для побудови відповідних класифікацій, поки що не існує. З усього різноманіття підходів, що зустрічаються в наукових публікаціях, аналітичних оглядах і політичних документах різних країн, виділяються декілька визначень, які є найбільш уживаними [10].

Найбільш повне визначення нанотехнології наведено в матеріалах американської програми, що носить назву Національна нанотехнологічна ініціатива: *нанотехнологія - це науково-дослідні та технологічні розробки на атомарному, молекулярному або макромолекулярних рівнях з субстанонанометровою шкалою за однією або більше координатами для забезпечення фундаментального розуміння явищ і властивостей матеріалів при таких розмірах і для виготовлення та використання таких структур, приладів і систем, які мають нові властивості і функції внаслідок їхніх малих розмірів* [11].

7-а Рамкова програма Європейського Союзу (2007-2013 рр.) визначає нанотехнології як отримання нових знань про феномени, властивості яких залежать від інтерфейсу і розміру; управління властивостями матеріалів на нанорівні для отримання нових можливостей їхнього практичного застосування; інтеграція технологій на нанорівні; здатність до самостійного збирання; наномотори; машини і системи; методи та інструменти для опису та маніпулювання на нанорівні; хімічні технології нанометрової точності для виробництва базових матеріалів і компонентів; ефект щодо безпеки людини, охорони здоров'я та охорони навколишнього середовища; метрологія, моніторинг і зчитування, номенклатура і стандарти; дослідження нових концепцій і підходів для практичного застосування в різних галузях, включаючи інтеграцію і конвергенцію з новими технологіями.

В Робочому плані Міжнародної організації зі стандартизації (ISO / ТК 229) від 23.04.2007 р. нанотехнології визначено як:

- розуміння механізмів управління матерією та процесами на наношкалі (як правило, але не виключно, менше 100 нм за одним або

декількома вимірами), де феномени, пов'язані з настільки малими розмірами, зазвичай відкривають нові можливості практичного застосування;

- використання властивостей матеріалів, що проявляються на наношкالی і відмінних від властивостей окремих атомів, молекул і об'ємних речовин, для створення покращених матеріалів, пристроїв і систем, заснованих на цих нових властивостях.

Європейське патентне відомство (ЕРО) під нанотехнологіями розуміє об'єкти, контрольований геометричний розмір хоча б одного з функціональних компонентів яких в одному або декількох вимірах не перевищує 100 нм, зберігаючи притаманні їм на цьому рівні фізичні, хімічні, біологічні властивості. Це визначення стосується також обладнання та методів контрольованого аналізу, маніпуляцій, обробки, виробництва чи вимірювання з точністю менше 100 нм.

В японському Другому спільному плані з науки і технологій (2001-2005 рр.) наведено таке визначення: нанотехнологія - міждисциплінарна область науки і техніки, що включає інформаційні технології, науки про навколишнє середовище, про життя, матеріали тощо. Вона служить для управління і використання атомів і молекул розміром порядку нанометра ($1/1.000.000.000$), що дає можливість виявляти нові функції завдяки унікальним властивостям матеріалів, що проявляються на нанорівні. В результаті з'являється можливість створювати технологічні інновації у різних сферах [10].

До останнього часу в офіційних російських документах - Концепції розвитку в Російській Федерації робіт у сфері нанотехнологій на період до 2010 року та Програмі розвитку наноіндустрії в Російській Федерації до 2015 року використовувалися два різних базових визначення нанотехнологій.

Так, згідно з Концепцією розвитку в Російській Федерації робіт у сфері нанотехнологій на період до 2010 року нанотехнологія визначається як сукупність методів і прийомів, що забезпечують можливість контрольовано створювати і модифікувати об'єкти, що включають компоненти з розмірами менше 100 нм, хоча б у одному вимірі, і в результаті модифікації одержали принципово нові якості, які дозволяють здійснювати інтеграцію об'єктів у повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу.

Програмою розвитку наноіндустрії в Російській Федерації до 2015 року запропоновано таке визначення нанотехнологій: це технології, спрямовані на створення та ефективне практичне використання нанооб'єктів та наносистем із заданими властивостями і характеристиками.

Експерти Російської державної корпорації "Роснанотех" визначають нанотехнологію як сукупність прийомів і методів, які застосовуються при вивченні, проектуванні та виробництві наноструктур, пристроїв і систем, що цілеспрямовано контролюють і модифікують форми, розмір, взаємодію та інтеграцію складових наномасштабних елементів (від 1 до 100 нм), наявність яких приводить до покращання або прояву додаткових

експлуатаційних і споживчих характеристик і якостей отримуваних продуктів [12].

Існує ще одне визначення: *нанотехнологія - це контрольоване отримання речовин і матеріалів (ультрадисперсні, наноструктуровані з розмірами структурних елементів у діапазоні від 1 до 100 нм) у колоїдному стані, дослідження та вимірювання їхніх властивостей і характеристик та використання їх у різних галузях науки, техніки і промисловості [12].*

Наведені визначення об'єднує ряд загальних рис. *По-перше*, кожне з них описує масштаб розглянутого явища. Як правило, вказується діапазон від 1 до 100 нм, всередині якого зафіксовано унікальні молекулярні процеси. *По-друге*, підкреслюється принципова можливість управління процесами, що відбуваються, як правило, в межах зазначеного діапазону. Це дозволяє відрізнити нанотехнології від природних явищ подібного роду ("випадкових" нанотехнологій), а також забезпечити можливість надання створюваним матеріалам і пристроям унікальних характеристик і функціональних можливостей, досягнення яких в рамках попередньої технологічної хвилі було неможливим. Це означає, що в середньо- і довгостроковій перспективі нанотехнології можуть не тільки сприяти розвитку існуючих ринків, а й виникненню нових ринків (продуктів або послуг), способів організації виробництва, нових видів відносин. *По-третє*, характерною особливістю визначень є їхня економіко-статистична спрямованість. Нанотехнології представлені як явище, що піддається кількісній оцінці, - це техніка, інструменти, матеріали, пристрої, системи. Це робить їх важливим елементом створення доданої вартості.

У той же час звертають на себе увагу деякі відмінності в зазначених визначеннях. Насамперед вони стосуються ступеня конвергентності та цільового призначення нанотехнологій. Так, в європейському варіанті відзначається як інтеграція різних технологій в межах наношкали, так і їхня конвергенція з іншими технологіями; виділяються окремі сфери їхнього застосування. Японська версія підкреслює інноваційну природу нанотехнології. До того ж європейське і японське визначення з усією очевидністю відображають поширене переконання [3], що використання схожих будівельних елементів (наприклад, атомів і молекул) та інструментів аналізу (мікроскопів, комп'ютерів високої потужності тощо) в різних наукових дисциплінах може привести в майбутньому до синтезу інформаційних, біо- і нанотехнологій.

Узагальнюючи різні підходи до визначення нанотехнології, пропонуємо до уживання таке визначення: *нанотехнологія - це сукупність методів і прийомів, що забезпечують можливість контрольовано створювати і модифікувати об'єкти, що включають компоненти з розмірами меншими 100 нм, які мають принципово нові якості й дозволяють здійснювати їхню інтеграцію в повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу.*

Особлива роль нанотехнологій визначається такими факторами, як зниження матеріало- та енергоємності економіки, появі радикальних змін у

методах і засобах природоохоронної діяльності, що сприятиме зменшенню техногенного впливу на біосферу Землі, досягнення технологіями альтернативної енергетики економічно прийнятних параметрів, збільшення безпеки атомної енергетики тощо [13].

Освоєння нанотехнологій разом з клітинними технологіями зміни живих організмів, включаючи методи генної інженерії, вважається точкою відліку становлення шостого технологічного укладу, ядром якого крім нанотехнологій є електронна промисловість, інформаційні технології, програмне забезпечення.

Сферами застосування нанотехнологій, які швидко розвиваються, стануть його несучі галузі ². В їхньому переліку залишаться основні галузі промисловості попереднього п'ятого технологічного укладу: електротехнічна, авіаційна, ракетно-космічна, атомна, приладобудування, станкобудування, освіта, зв'язок. Розвиток нанотехнологій охоплює також охорону здоров'я (ефективність якої багатократно зростає із застосуванням кліткових технологій і методів діагностики генетично обумовлених хвороб) та сільське господарство (завдяки застосуванню досягнень молекулярної біології та генної інженерії), а також створення нових матеріалів із наперед заданими властивостями. Завдяки появі наноматеріалів, до несучих галузей нового технологічного укладу також увійдуть хіміко-металургійний комплекс, будівництво, судно - та автомобілебудування [13].

Ключові напрями розвитку нанотехнологій. Аналіз поточного стану наносфери дозволяє виділити в ній цілий ряд найважливіших напрямів:

- Молекулярний дизайн.
- Матеріалознавство. Створення "бездефектних" високоміцних матеріалів, матеріалів з високою провідністю.
- Приладобудування. Створення скануючих тунельних мікроскопів, атомно-силових мікроскопів, магнітних силових мікроскопів, систем для молекулярного дизайну, мініатюрних надчутливих датчиків, нанороботів.
- Електроніка. Конструювання нанометрової елементної бази для ЕОМ наступного покоління, нанодротів, транзисторів, випрямлячів, дисплеїв, акустичних систем.
- Оптика. Створення нанолазера. Синтез систем з нанолазерами.
- Гетерогенний каталіз. Розробка каталізаторів з наноструктурами для класів реакцій селективного каталізу.
- Трибологія. Визначення зв'язку наноструктури матеріалів і сил тертя і використання цих знань для виготовлення перспективних пар тертя.
- Керовані ядерні реакції. Наноприскорювачі часток, нестатистичні ядерні реакції [14].

Російськими експертами у рамках проекту щодо класифікації напрямів нанотехнологій виділено сім основних напрямів: наноматеріали, нано-

² Галузі, що інтенсивно використовують технологічні нововведення, беруть участь у створенні ядра технологічного укладу, відіграють провідну роль у поширенні нового технологічного укладу.

електроніка, наноінструменти (нанодіагностика), нанобіотехнології, наномедицина, нанофотоніка, технології та спеціальне обладнання для створення та виробництва наноматеріалів і наноприладів. До інших напрямів належать загальні питання безпеки наноматеріалів і наноприладів, наноелектромеханічні системи, трибологія та зносостійкість наноструктурованих матеріалів тощо. Для кожного напрямку [10] сформульовано відповідні визначення та запропоновано первинне наповнення (від 3 до 5 технологій).

Розглянемо більш детально основні з них.

1.1 Наноматеріали

Найважливішою складовою нанотехнологій і найбільш розвиненим їх сегментом є наноматеріали, тобто матеріали, незвичайні функціональні властивості яких обумовлені упорядкованою структурою їх нанофрагментів розміром до 100 нм [3].

Детальному огляду наноматеріалів присвячено розділ 2.

1.2 Наноелектроніка

Наноелектроніка - сфера електроніки, пов'язана з розробкою архітектур і технологій виробництва функціональних пристроїв електроніки з топологічними розмірами, що не перевищують 100 нм (в тому числі інтегральних схем), і приладів на основі таких пристроїв, а також з вивченням фізичних основ функціонування зазначених пристроїв і приладів [10].

Сучасний науково-технічний прогрес, безумовно, характеризується розвитком електроніки, основою якої є досягнення у сфері фундаментальних наук, головним чином, фізики твердого тіла, фізики напівпровідників, а також технології твердого тіла. Останні досягнення науки показують, що на відміну від традиційної мікроелектроніки, потенційні можливості якої в найближче десятиліття, очевидно, будуть вичерпані, подальший розвиток електроніки можливий тільки на базі принципово нових фізичних і технологічних ідей.

Так, протягом ряду десятиліть підвищення функціональної складності й швидкодії систем досягалося шляхом збільшення щільності розміщення й зменшення розмірів елементів, принцип дії яких не залежав від їхнього масштабу. При переході до розмірів елементів порядку десятків або одиниць нанометрів виникає якісно нова ситуація, що полягає у тому, що квантові ефекти (тунелювання, розмірне квантування, інтерференційні ефекти) впливають на фізичні процеси в наноструктурах і функціонування приладів на їх основі.

Багатообіцяючим є також створення наноструктур, роль функціональних елементів яких виконують окремі молекули. У перспективі це дозволить використовувати принципи прийому й переробки інформації, реалізовані в біологічних об'єктах (молекулярна наноелектроніка). Нові

можливості щодо підвищення потужності, температурної й радіаційної стійкості, розширення діапазону частот, поліпшення ергономічних характеристик приладів відкриває напрям, у якому синтезуються ідеї й технологічні досягнення вакуумної й електроніки твердого тіла (вакуумна наноелектроніка).

Створення наноструктур базується на новітніх технологічних досягненнях у сфері конструювання на атомному рівні поверхневих і багат шарових структур твердих тіл із заданим електронним спектром і необхідними електричними, оптичними, магнітними й іншими властивостями. Необхідна зонна структура таких штучних матеріалів забезпечується вибором речовин, з яких виготовляються окремі шари структури (зонна інженерія), поперечних розмірів шарів (розмірне квантування), зміною ступеню зв'язку між шарами (інженерія хвильових функцій). Поряд із квантоворозмірними планарними структурами (двовимірний електронний газ у квантових ямах, надрешітки) досліджуються одно- і нульмірні квантові об'єкти (квантові нитки й крапки), інтерес до яких пов'язаний з перспективами відкриття нових фізичних явищ і, як наслідок, на одержання нових можливостей ефективного управління електронними й світловими потоками у таких структурах.

Нанотехнології покликані вирішити такі завдання в електроніці:

- різке підвищення продуктивності обчислювальних систем;
- різке збільшення пропускної спроможності каналів зв'язку;
- різке збільшення інформаційної ємності і якості систем відображення інформації з одночасним зниженням енерговитрат;
- різке підвищення чутливості сенсорних пристроїв й істотне розширення спектру вимірюваних величин, що важливо, зокрема, для завдань екології;
- створення високоекономічних твердих тіл освітлювальних приладів;
- істотне збільшення питомої ваги використання електронних і оптоелектронних компонентів у медичних, біологічних, хімічних, машинобудівних та інших технологіях.

Різне підвищення продуктивності обчислювальних систем є необхідним у зв'язку з переходом технології інтегральних схем до нанометрового масштабу.

Прогноз зменшення характерних розмірів інформаційних систем і процесорів за роками їх виробництва та прогноз зменшення енергії на одне перемикавання приладів наведено у табл. 1.1-1.2 (за даними ITRS Roadmap 2002).

Таблиця 1.1

Прогноз зменшення розмірів інформаційних систем і процесорів за роками їхнього виробництва, нм

Прилад		2003	2010	2013	2016
DRAM	½ Pitch	100	45	32	22
MPU	½ Pitch	107	45	32	22

MPU	Printed Gate Length	65	25	18	13
MPU	Printed Gate Length	45	18	13	9

Таблиця 1.2

Прогноз зменшення кількості енергії на одне перемикавання приладу, фемтоДЖ

Кількість енергії	2003	2010	2013	2016
	0,137	0,015	0,007	0,002

Таким чином, розвиток "традиційної мікроелектроніки" передбачає перехід до нанотехнологій. Розвиток нанотехнологій дозволить сконструювати принципово нові елементи інформаційних систем такі, наприклад, як "одноелектронні" пристрої, що споживають гранично малі енергії на перемикавання, або надшвидкодіючі біполярні Si-Ge транзистори з базами товщиною в кілька нанометрів. Пристрої на основі наноструктур є принципово необхідними для зчитування інформації в обчислювальному процесі через гранично низькі рівні сигналів. Прикладом можуть служити магнітні пристрої, що зчитують, оснований на ефекті гігантського магнетосупротиву, який виникає в шаруватих металевих магнітоупорядкованих середовищах з товщиною шарів у кілька нанометрів.

Різка збільшення пропускної спроможності каналів зв'язку передбачає створення високоефективних випромінюючих і фотоприймальних пристроїв для волоконно-оптичних мереж і пристроїв НВЧ техніки для терагерцового і субтерагерцових діапазонів. Слід зазначити, що ефективні лазерні діоди для ліній зв'язку є типовим продуктом нанотехнологій, оскільки вони являють собою квантоворозмірні наногетероструктури з характерною товщиною шарів у декілька нанометрів. Ефективні фотоприймальні пристрої також базуються на таких напівпровідникових гетероструктурах. Подальший розвиток випромінюючих і фотоприймальних приладів є обов'язково пов'язаним з розвитком нанотехнологій квантових крапок - нанобластей у напівпровіднику, що обмежують рух електронів у трьох напрямках. Тут можна чекати появи пристроїв принципово нового типу, що використовуватимуть квантово-механічні закономірності.

Це ж стосується і пристроїв твердих тіл ЗХЧ електроніки. Перехід на нанорівень дозволить істотно поліпшити характеристики НВЧ транзисторів і створити прилади, засновані на квантово-механічних ефектах (наприклад, резонансно-тунельні діоди й прилади на основі надрешіток).

Різка збільшення інформаційної ємності та якості систем відображення інформації з одночасним зниженням енерговитрат пов'язано з розвитком декількох напрямів. Насамперед, це монолітні й гібридні матриці світловипромінюючих діодів (когерентних і некогерентних). І тут найбільш ефективними й багатофункціональними є напівпровідникові джерела на основі наноструктур. Напівпровідникові лазери середньої й великої потужності, виготовлені на основі наноструктур, ефективні для використання в проєкційних системах різного призначення (у тому числі для проєкційних

телевізорів). Наноструктуровані матеріали (наприклад, на основі вуглецевих нанотрубок) надзвичайно перспективні при створенні ефективних катодів для плазмових панелей будь-якої площі.

Різка підвищення чутливості сенсорних пристроїв і значне розширення спектру вимірюваних величин як шляхом поліпшення характеристик уже існуючих приладів і пристроїв при переході до розмірів (за яких стають істотними квантово-механічні ефекти), так і створення принципово нових приладів, що базуються на можливості "калібрування" різних об'єктів (атомні кластери й молекули) у нанометровому діапазоні розмірів і використання високоповерхневої чутливості наноструктурованих матеріалів. Прикладом використання нанотехнологій для цих цілей може служити створення на основі квантових напівпровідникових наноструктур лазерів далекого й середнього інфрачервоного діапазонів, що дозволяють контролювати забруднення атмосфери з високою чутливістю й точністю.

Створення високоекономічних твердотільних освітлювальних приладів — найважливіше завдання сучасного суспільства. На освітлення зараз витрачається близько 20 % споживаної у світі енергії. Переведення хоча б половини освітлення на високоекономічні напівпровідникові джерела світла, створені на основі наноструктур, зменшить витрати енергії на 10 %.

Суттєве збільшення питомої ваги використання електронних і оптоелектронних компонентів у медичних, біологічних, хімічних, машинобудівельних й інших технологіях. Необхідно зважати на декілька обставин. Насамперед, унаслідок можливості створювати за допомогою нанотехнологій речовини й структури з наперед заданим оптичним спектром, можна "набудовувати" джерела і приймачі випромінювання, що дозволяє вибірково впливати на біологічні й хімічні процеси й одержувати сигнали в необхідних спектральних діапазонах для контролю таких процесів. Інша важлива обставина полягає в тому, що саме внаслідок застосування наноструктур з'являється можливість використовувати дуже компактні потужні джерела лазерного випромінювання. Це сприятиме розвитку високоточних, економічних і екологічно чистих технологій обробки матеріалів. Підкреслимо, що ці ж джерела є дуже ефективними для застосування в медицині.

1.3 Наноінструменти (діагностика наноструктур)

Сучасний розвиток фізики й технології наноструктур твердих тіл, що проявляється у безперервному переході топології елементів електронної техніки від субмікронних розмірів до нанометрової геометрії, вимагає розробки нових і удосконалення існуючих діагностичних методів, а також створення нових зразків устаткування для аналізу властивостей і процесів у низькорозмірних системах, наноматеріалах і штучно створюваних наноструктурах. При цьому особлива увага приділяється створенню й застосуванню взаємодоповнюючих методів практичної діагностики й дослідження характеристик наноструктур, які забезпечують одержання

найбільш повної інформації щодо основних фізичних, фізико-хімічних і геометричних параметрів наноструктур і процесів, що протікають у них.

На цей час існує величезна кількість методів діагностики, ще більше методик дослідження фізичних і фізико-хімічних параметрів і характеристик структур твердих тіл і молекулярних структур. Водночас, одержання наноструктур, низькорозмірних систем і нових наноструктурованих матеріалів із заданими властивостями, які призначені для застосування в сучасній електроніці, висуває нові діагностичні завдання. Для розв'язання сучасних завдань діагностики наноструктур необхідно здійснити адаптацію до цих завдань традиційних методів (устаткування), а також розвиток нових, насамперед локальних (до масштабів 0,1 нм) методів дослідження й аналізу властивостей і процесів, які є характерними для об'єктів нанометрової геометрії й систем зниженої розмірності.

Методи нанодіагностики повинні бути (по можливості) неруйнівними і надавати інформацію не лише про структурні властивості нанооб'єктів, але й про їхні електронні властивості з атомним розрішенням. Для розробки нанотехнологій вирішальною є також можливість контролювати атомні й електронні процеси *in situ* з високим часовим розрішенням, в ідеалі до часу, який дорівнює або є меншим періоду атомних коливань (до 10^{-13} с і менше). Необхідною є також діагностика електронних, оптичних, магнітних, механічних і інших властивостей нанооб'єктів на "наноскопічному" рівні. Неможливість повного задоволення цих вимог приводить до використання комплексу методів діагностики нанооб'єктів, серед яких необхідно виділити наступні основні групи методів:

- *електронна мікроскопія високого розрішення*, що історично є першим методом, який реально забезпечує візуалізацію структури об'єктів з атомним розрішенням. До цього методу відносяться різні модифікації електронної мікроскопії, що забезпечують проведення хімічного аналізу нанооб'єктів, дослідження *in situ*, поверхневочутливі методи, такі як відбивна електронна мікроскопія, мікроскопія повільних електронів тощо. У багатьох випадках електронна мікроскопія високого розрішення є єдиним джерелом одержання інформації про внутрішню структуру й структуру границь розділення таких нанооб'єктів, як квантові ями й квантові крапки;

- *методи скануючої електронної мікроскопії*, які впритул наближаються до атомного розрішення, зберігаючи можливість одержання інформації без суттєвого (руйнуючого) впливу на досліджувані об'єкти з одержанням різноманітної інформації про хімічний склад нанооб'єктів, їхні електричні (метод наведеного струму), оптичні (катодолюмінесценція) та інші властивості. Для одержання інформації щодо об'єму нанооб'єктів розвинуто методи електронної томографії;

- *скануюча тунельна мікроскопія*, що є поверхнево-чутливим методом візуалізації атомної структури твердих тіл; проведення спектроскопічних досліджень із атомним розрішенням разом із залученням можливостей для *in situ* експериментів при підвищених і знижених температурах, використання інших методів зондової мікроскопії й можливості маніпулювання на рівні

окремих атомів робить ці методи найважливішим інструментом для розвитку нанотехнологій і нанодіагностики;

- *рентгендифракційні методи*, особливо з використанням високої світності синхротронних джерел, надають унікальну інформацію щодо атомної структури нанооб'єктів, уникаючи їхнього руйнування;

- *методи електронної спектроскопії* для хімічного аналізу, *оміонної спектроскопії*, *методи фотоелектронної спектроскопії*, *раманівської і інфрачервоної спектроскопії*, *метод фотолюмінесценції*, які активно розвиваються з підвищенням роздільної здатності та є достатньо корисними при діагностиці нанооб'єктів.

Подальший розвиток різноманітних методів діагностики (зокрема, діагностики, яка вбудована в технологію), що враховують специфіку нанооб'єктів та їхні характерні розміри, є невід'ємною частиною розвитку високих технологій одержання й аналізу властивостей наноструктур нового покоління. При цьому формування комплексних методів практичної діагностики диктується як технологічними завданнями щодо одержання наноструктур і створення на їхній базі наступного покоління електронних і оптичних пристроїв (транзисторів, лазерів тощо), так і їхніми специфічними фізичними, фізико-хімічними й топологічними властивостями, які у багатьох випадках не укладаються в рамки стандартних уявлень про властивості речовини.

Таким чином, розвиток науки про наноструктури і, насамперед, про квантові наноструктури (нанофізики), і нанотехнології сприятиме одержанню наноматеріалів з якісно новими властивостями. Розвиток наноелектроніки і наномеханіки стане основою якісно нового етапу в розробці новітніх інформаційних технологій, засобів зв'язку, у вирішенні проблем, пов'язаних з переходом до якісно нового рівня життя тощо. Успішний розвиток цих напрямів залежить, по суті, від вирішення двох основних проблем: розробки надійних способів створення наноматеріалів і нанооб'єктів з необхідними властивостями, включаючи використання методів поатомного збирання і ефектів самоорганізації; розробки нових і розвитку існуючих методів нанодіагностики з атомним розрішенням. Сучасний прогрес розвитку нанотехнологій дозволяє сподіватися, що вже у недалекому майбутньому багато проблем людства буде успішно вирішено [3].

1.4 Нанобіотехнології

Нанобіотехнології - цілеспрямоване використання біологічних макромолекул і органел для конструювання наноматеріалів і нанопристроїв [10].

Сферами застосування нанобіотехнологій є сільське господарство, наномедицина, нанофармацевтика, біоінформатика.

Швидкого поширення набули нанобіотехнології у сільському господарстві, зокрема це: розроблення засобів захисту рослин; розроблення технологій біосинтезу нових кормових і ветеринарних антибіотиків,

ферментів, ветеринарних імунобіологічних препаратів, застосування генетично модифікованих організмів, створених методами генної інженерії на основі досягнень сучасної молекулярної біології.

Під визначення генно модифікований організм (ГМО) підпадають організми із змінами в геномі, яких не можна досягти традиційними методами селекції та рекомбінації. Використовувані ГМО - це в основному трансгенні рослини. Термін трансгенні означає, що в геном конкретної рослини внесено чужорідні гени, в більшості випадків навіть не з рослинного організму. Наприклад, створено картоплю, що містить ген земляної бактерії, який надає їй стійкості до колорадського жука.

За останні 15 років пройшли польові випробування 25 тис. різних трансгенних культур, з яких: 40 % - стійкі до вірусів, 25 - до гербіцидів, 25 - до інсектицидів. З 1996 р, почалася комерціалізація генно модифікованих культур, які вирощувалися в багатьох країнах, і до 2007 р. зайняли більше 114 млн. га, причому лівова частка посівів припадає на США й Канаду, де вирощується 64 види трансгенних культур.

Останніми досягненнями у сфері нанобіотехнологій є створення тест-системи на основі біочипів, яка дозволяє діагностувати збудників туберкульозу, ВІЛ-інфекції, гепатитів В і С, різних онкологічних захворювань, а також розробка біосумісних багатокомпонентних наноструктурних матеріалів і покриттів для виготовлення імплантів, які працюють під тиском.

У перспективі нові методи розвитку біотехнологій, генної інженерії, генетики і протеоміксів (сполученнях протеїнів) будуть поєднуватися з іншими технологіями, результатом чого стануть масштабні зміни глобальної економіки в наступні тридцять років. Тому не дивно, що стратегічний інтерес до нанобіонаук у країнах-членах і не-членах ОЕСР зростає, особливо це характерно для Китаю, Індії й Сінгапуру.

1.5 Наномедицина

Наномедицина - практичне застосування нанотехнологій в медичних цілях, включаючи наукові дослідження та розробки в галузі діагностики, контролю, адресної доставки ліків, а також дії щодо відновлення і реконструкції біологічних систем людського організму з використанням наноструктур і нанопристроїв [10].

Нанотехнології в медицині, фармацевтиці та суміжних з ними сферах вирішують такі основні завдання:

- збільшення швидкості та точності діагностики захворювань;
- підвищення специфічності та швидкості доставки ліків;
- створення систем адресної доставки ліків. На практиці це метали, неорганічні та органічні сполуки, нанотрубки, біологічно сумісні полімери та інші матеріали, що імітують тканини живих організмів, що служать транспортними засобами доставки ліків або імплантів;

- синтез нових хімічних сполук шляхом утворення молекул без хімічних реакцій. У найближчі 10-20 років це приведе до створення принципово нових ліків, які фармацевти і медики будуть "конструювати" з урахуванням особливостей конкретної хвороби і, навіть, конкретного пацієнта;

- мініатюризація біосенсорів шляхом об'єднання біологічного та електронного компонентів в один найменший прилад;

- регенерація тканин з використанням стовбурних клітин;

- створення геномів, здатних самостійно розмножуватися, з метою виробництва ліків, проведення фармакологічного скрінінга та моделювання патологічних процесів;

- створення точних медичних наноманіпуляторів і діагностичних пристроїв. Розглядаючи атоми як деталі, нанотехнологи розробляють методи конструювання з них матеріалів із заздалегідь заданими характеристиками. У перспективі будь-які молекули будуть збиратися подібно дитячому конструктору, оскільки будь-яку хімічно стабільну структуру, яку можна описати відповідною формулою, можна побудувати;

- створення медичних нанороботів (здатних усувати дефекти в організмі хворої людини шляхом керованих нанохірургічних втручань).

Американські експерти до сфер застосування нанотехнологій у біомедицині відносять такі:

- інженерія живих тканин та регенеративна медицина;

- біологічні наноструктури;

- інкапсуляція ліків і їхня адресна доставка;

- молекулярна візуалізація;

- біофотоніка; біосумісні імплантанти;

- біоаналітичні мембрани;

- молекулярні біосенсори;

- біочипи та лабораторії на чипах (lab-on-a-chip);

- функціональні молекули;

- перемикачі, насоси, транспортні засоби [13].

Основні етапи розвитку нанотехнологій у фармацевтиці:

- біологічний скрінінг, тобто пошук активних молекул (1-10 нм), які взаємодіють з біомішенню (білок або система білків розміром до 100 нм);

- вивчення механізму дії (пошук біомішені і виявлення механізму взаємодії з нею активної молекули);

- комп'ютерний дизайн потенційно активних сполук шляхом розрахунку енергій взаємодії молекул-кандидатів і біомішені білка - на відстані декількох нанометрів, тобто розрахунок можливих структур та положень молекул, відповідних мінімальній енергії такої взаємодії (динамічне моделювання якого займає приблизно 24 год. на суперкомп'ютері);

- цілеспрямований контроль і модифікація форми, розміру, взаємодії та інтеграції складових наномасштабних елементів, що призводить

до поліпшення або появи додаткових експлуатаційних та/або споживчих характеристик і властивостей отриманих продуктів (підвищення ефективності, біодоступності, зменшення токсичності і побічних ефектів отриманих інноваційних лікарських препаратів);

- виробництво нанорозмірних готових лікарських форм (ліпосомальна форма, наночастки для направленого транспорту тощо);
- застосування таргетних інноваційних препаратів, що забезпечує нанорозмірний вплив на біомішень, що приводить до терапевтичного ефекту [16].

1.6 Нано- і мікроелектромеханіка

1 Актуальність напрямку. Прогрес у розробці нано- і мікроелектромеханічних пристроїв і систем обіцяє таку ж революцію в техніці, яку зробила мікроелектроніка в електроніці. Мікроелектромеханіка стала самостійним напрямом 15-20 років тому. Суть цього напрямку полягає у поєднанні поверхневої мікрообробки, розвиненої у мікроелектронній технології, з об'ємною обробкою та використанням нових матеріалів і фізичних ефектів. Бурхливе зростання мікроелектромеханіки, яка, за своєю суттю, є міждисциплінарним напрямом, пов'язане, насамперед, із широким використанням мікроелектронних технологій зі стільниковою мікроструктурою. Такий підхід дозволив за короткий час створити нові об'ємні конструктивні елементи - мембрани, балки, порожнини, отвори з великим аспектним співвідношенням (калібром) – шляхом використання так званих LiGA-технологій на основі синхротронного випромінювання тощо. Це забезпечило прорив у напрямі створення мікродвигунів для мікророботів, мікронасосів для мікрофлюїдики, надчутливих сенсорів різних фізичних величин (тиску, прискорення, температури тощо), мікрооптики. Так, мікромеханічні датчики в сучасних автомобілях є основою систем безпеки (повітряні подушки), контролю за станом коліс, підвіски тощо. Але найбільш яскравим представником мікроелектромеханічних систем є скануючі зондові мікроскопи, що стали основою не лише ряду вимірювальних систем у нанометровому діапазоні, але й технологічних пристроїв для нанотехнологій.

Перехід до наноелектромеханіки пов'язано з використанням нанотехнологій та нових фізичних ефектів. Так, при створенні порожнин – важливого компоненту різних пристроїв – все частіше використовуються процеси, що мають властивість самоорганізовуватися (вуглецеві нанотрубки, пористі мембрани на основі оксиду алюмінію). Це дозволяє збільшити відтворюваність, підвищити надійність, оскільки найменші зміни розмірів, пов'язані з використанням традиційних технологій, приводять до експоненційно сильної зміни параметрів.

У розвинених країнах світу цьому напрямку приділяється велика увага - створено дослідницькі інститути, розгорнуто підготовку фахівців. У США цими проблемами займаються такі відомі компанії, як Intel, MEMS Industry Group, Sandia National Labs. Коло питань, які ними розглядаються, - від

створення ручки, що не розбризкує чорнила, до розробки бездротової передачі даних, оптичних пристроїв управління зброєю і мінісупутників. Агентство перспективних розробок Міністерства оборони США реалізує програму "Розумний пил", спрямовану на створення надмініатюрних пристроїв, здатних генерувати енергію, проводити моніторинг навколишнього середовища, накопичувати і передавати інформацію.

Таким чином, розвиток нано- і мікроелектромеханіки є необхідною умовою розвитку основ нанотехнологій.

2 Технологічні аспекти розробки нано- і мікроелектромеханічних систем.

Наноімпринтинг (друк за допомогою штамп). Це нові групові технології одержання малюнка з рекордним розрішенням ≤ 10 нм, які розвиваються замість оптичної літографії. Технології сприяють одержанню маски для подальших технологічних операцій і функціональних структур.

Інтелектуальні нанотехнологічні комплекси на базі скануючої зондової техніки. Високовакуумні комплекси, що забезпечують локальну модифікацію поверхні (фазової сполуки, потенційного й просторового рельєфу, структурної перебудови) в областях < 10 нм. Модифікація здійснюється за рахунок польових, механічних і теплових впливів, а також шляхом уведення реактивних середовищ безпосередньо в область впливу під зондом. Для підвищення продуктивності необхідно використовувати багатозондові картриджі й пристрої прецизійного багаторазового позиціонування (з точністю ≤ 2 нм).

Технології самоорганізації й самозбирання. За умови зменшення розмірів ≤ 10 нм створення упорядкованих структур і одиночних структур традиційними методами стає завданням, яке важко реалізувати. Особливо важливими, з цієї точки зору, є формоутворюючі структури (порожнини), в яких можна створювати нанoelementи. Важливу роль також відіграють технології одержання впорядкованих нанотрубок (особливо вуглецевих) і пористих мембран на основі оксиду алюмінію.

Технологія одержання малюнку на базі скануючої зондової мікроскопії з розрішенням 0,5-1 нм шляхом використання у якості зондів вуглецевих нанотрубок і прецизійних позиціонерів.

3 Розробка елементної бази нано- і мікроелектромеханіки.

Нанoelementи для прямого перетворення електричної енергії в механічну з високою ефективністю. Статичні елементи на основі орієнтованих пучків нанотрубок є більш ефективними, ніж п'єзоелектричні і можуть працювати, наприклад, у фізіологічному розчині. Динамічні елементи на базі нанотрубок забезпечують комутацію в пікосекундному діапазоні. Одношарові нанотрубки з більшим аспектним співвідношенням можуть переміщуватися в рідких середовищах за рахунок хвилеподібного руху. Все це відкриває більші перспективи як для технічних, так і біомедичних застосувань.

Заповнення нанопорожнин (у тому числі нанотрубок) чужорідними атомами, молекулами, кластерами, фулеренами дозволяє не тільки змінювати характеристики елементів, але й створювати одномірні кристали, зберігати й

доставляти певні компоненти в потрібне місце для створення нових елементів за допомогою зондових технологій. Заповнення двовимірних і тривимірних нанопористих середовищ дозволяє створювати фотонні кристали - основу для оптичних комутуючих пристроїв "безпорогових" лазерів, надчуттєвих фотоприймачів. Великий інтерес для медицини представляє щеплення органічних комплексів і ДНК до нанотрубок.

Надчутливі сенсори без проміжного перетворення енергії. Вони можуть бути створені, оскільки частотний діапазон механічних коливань наноелементів є близьким до обертового і коливального спектрів молекул.

Ефекти автоемісії поряд із квантовомеханічними ефектами, пов'язаними з переносом зарядів, відіграють все більшу роль у таких наноелементах. Так, пороги автоемісії для нанотрубок на кілька порядків нижче, ніж у традиційних елементах. Це відкриває можливості створення наноламп, скомбінованих з нанотранзисторами, що важливо для пристроїв обробки інформації, які експлуатуються в екстремальних умовах і умовах спецвпливів.

4 Наноелектромеханічні прилади і системи. *Наноелектромеханічні ЗП з терабітною ємністю.* Матричні багатозондові скануючі пристрої в сполученні з регулярними середовищами із наноелементів дозволяють створити терабітні ЗП із щільністю до 10 біт/см^2 , що необхідно для систем обробки інформації нових поколінь.

Мікро- і нанооптоелектромеханічні системи. Керовані мікромеханічні дзеркальні відбивачі й дифракційні решітки забезпечують комутацію і селекцію сигналів при бездротовій передачі даних, у системах управління зброєю, мікророботами тощо зі швидкістю передачі 10^{12} біт/с .

Мікроробототехніка. Створення мікропристроїв, здатних пересуватися, збирати, зберігати і передавати інформацію, здійснювати певні впливи згідно з програмою або командою. Розробка мікродвигунів, мікронасосів, мікроприводів.

Нано- і мікроелектромеханічні датчики різних фізичних величин (прискорення, тиску, температури, вологості, зміни розмірів, швидкості протікання хімічних і фізичних процесів).

Гнучкі плоскі дисплеї й пристрої відображення інформації.

5 Найважливіші сфери застосування. Сферами застосування нано- і мікроелектромеханічних пристроїв і систем можуть бути:

- інформаційні й комп'ютерні технології;
- машинобудування;
- біологія й медицина;
- наносистеми для шкідливих виробництв, ядерної енергетики;
- наносистеми для систем озброєння і космічних систем.

2 Поняття про наноматеріали. Класифікація та типи структур наноматеріалів

2.1 Термінологія

Термінологія у сфері наноматеріалів і нанотехнологій на цей час тільки встановлюється. Існує декілька підходів до визначення, що таке наноматеріали (рис. 2.1).

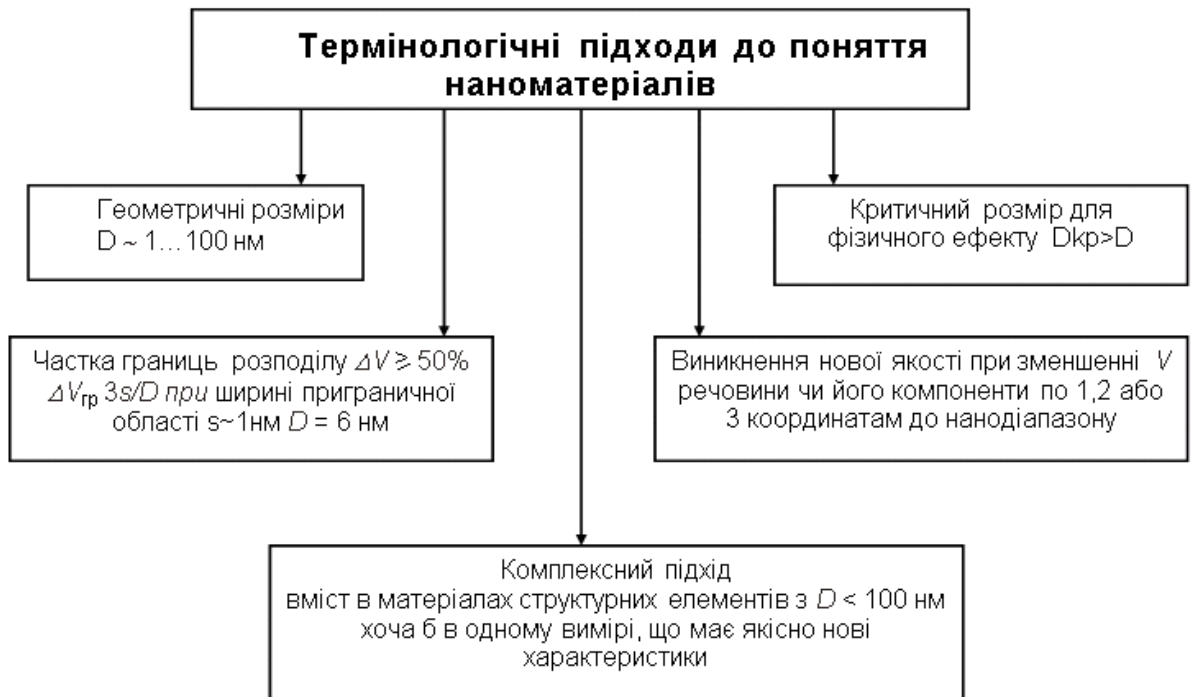


Рис. 2.1 Термінологічні підходи до поняття наноматеріалів.

Найпростіший підхід пов'язаний з геометричними розмірами структури таких матеріалів. Матеріали з характерним розміром мікроструктури (від 1 до 100 нм) називають наноструктурними (або інакше нанофазними, нанокристалічними, супрамолекулярними) [2; 4; 18].

Вибір такого діапазону розмірів не випадковий, а зумовлений існуванням ряду розмірних ефектів і збігом розмірів кристалітів з характерними розмірами для різних фізичних явищ.

Нижня межа вважається пов'язаною з нижньою межею симетрії нанокристалічного матеріалу. У міру зниження розміру кристалу, що характеризується жорстким набором елементів симетрії, настає такий момент, коли відбувається втрата деяких елементів симетрії. За даними [19-20], для найбільш широко розповсюджених кристалів з ОЦК і ГЦК ґратами такий критичний розмір дорівнює трьом координаційним сферам, що для заліза становить близько 0,5 нм, а для нікелю - близько 0,6 нм.

Величина верхньої межі обумовлена тим, що помітні й цікаві, з технічної точки зору, зміни фізико-механічних властивостей матеріалів

(міцності, твердості, коерцитивної сили тощо) починаються при зниженні розмірів зерен нижче 100 нм [21-23].

Інший підхід [7; 23; 24] пов'язаний з визначальною роллю численних поверхонь розділення в наноматеріалах у формуванні їхніх властивостей. Відповідно до цього підходу розмір зерен (D) у наноматеріалах визначається в інтервалі декількох нанометрів, тобто в інтервалі, коли об'ємна частка поверхонь розділення в загальному об'ємі матеріалу становить приблизно $\Delta V \approx 50\%$ і більше. Ця частка оцінюється співвідношенням $\Delta V \sim 3s/D$, де s - ширина приграничної області. При значенні s близько 1 нм 50 %-а частка поверхонь розділення досягається при $D = 6$ нм.

Існує підхід [5], відповідно до якого для наноматеріалів найбільший розмір одного із структурних елементів має дорівнювати або бути меншим розміру, характерного для певного фізичного явища. Так для властивостей міцності це буде розмір бездефектного кристалу, для магнітних властивостей - розмір однодоменного кристалу, для електропровідності - довжина вільного пробігу електронів. Суттєвими недоліками такого підходу є, *по-перше*, невідповідність розмірів структурних елементів для різних властивостей і матеріалів і, *по-друге*, різниця характерних розмірів для різних станів того ж самого матеріалу (наприклад, окремі частки нанопорошку й зерна в полікристалі) (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Розрахункові значення розмірів часток і зерен,
які не містять дислокаційних петель, нм**

Матеріал	Cu	Al	Ni	α -Fe
Окремі частки порошку	250	60	140	23
Зерна в полікристалі	38	18	16	3

Деякі вчені [4] вважають, що якщо при зменшенні об'єму будь-якої речовини за одною, двома або трьома координатами до розмірів нанометрового масштабу виникає нова якість, або ця якість виникає в композиції з таких об'єктів, то ці утворення необхідно відносити до наноматеріалів, а технології їх одержання і подальшу роботу з ними - до нанотехнологій.

Найбільш актуальною на сьогодні є така термінологія [2; 25; 26]:

- *наноматеріали* - це матеріали, що містять структурні елементи, геометричні розміри яких хоча б в одному вимірі не перевищують 100 нм, і наділені якісно новими властивостями, функціональними й експлуатаційними характеристиками;

Слід зазначити, що поряд з терміном наноматеріали, поширенні також рівноправні терміни "ультрадисперсні матеріали", "ультрадисперсні системи" (у вітчизняній літературі) і "наноструктурні матеріали" (у західних джерелах).

2.2 Основи класифікації наноматеріалів

Об'ємні наноструктуровані матеріали класифікують за типом (наночастки, наноплівки, нанопокриття, гранульовані нанорозмірні матеріали тощо), за складом (металеві, напівпровідникові, органічні, вуглецеві, керамічні та ін.), за розміром.

За розміром наноматеріали можна розділити на чотири основні категорії [2] (рис. 2.2).

Перша категорія включає у себе матеріали у вигляді твердих тіл, розміри яких в одному, двох або трьох просторових координатах не



Рис. 2.2 Класифікація наноматеріалів.

перевищують 100 нм. До таких матеріалів можна віднести нанорозмірні частки (нанопорошки), нанодроти й нановолокна, надтонкі плівки (товщиною менше 100 нм), нанотрубки тощо. Такі матеріали можуть містити від одного структурного елемента або кристаліта (для часток порошку) до декількох їхніх шарів (для плівки). У зв'язку із цим першу категорію можна класифікувати як наноматеріали з малим числом структурних елементів або наноматеріали у вигляді нановиробів.

Друга категорія містить у собі матеріали у вигляді малорозмірних виробів з розміром, що характеризує у зразковому діапазоні 1 мкм...1 мм. Звичайно це дроти, стрічки, фольги. Такі матеріали містять уже значну кількість структурних елементів, та їх можна класифікувати як

наноматеріали з більшою кількістю структурних елементів (кристалітів) або наноматеріали у вигляді мікрровиробів.

Третя категорія являє собою масивні (або інакше об'ємні) наноматеріали з розмірами виробів з них у макродіапазоні більше декількох міліметрів. Такі матеріали складаються з дуже великої кількості нанорозмірних елементів (кристалітів) і фактично є полікристалічними матеріалами з розміром зерна від 1 до 100 нм. У свою чергу третю категорію наноматеріалів можна розділити на два класи.

У перший клас входять однофазні матеріали (відповідно до наведеної термінології мікроструктурно однорідні матеріали), структура й/або хімічний склад яких змінюється за обсягом матеріалу тільки на атомному рівні. Їхня структура, як правило, перебуває в стані далекому від рівноваги. До таких матеріалів належать, наприклад, скло, гелі, перенасичені тверді розчини. До другого класу можна віднести мікроструктурно неоднорідні матеріали, які складаються з нанорозмірних елементів (кристалітів, блоків) з різною структурою й/або складом. Це багатозфазні матеріали, наприклад, на основі складних металевих сплавів.

Друга й третя категорії наноматеріалів підпадають під більш вузькі визначення *нанокристалічних або нанофазних матеріалів*.

До четвертої категорії належать композиційні матеріали, що містять у своєму складі компонент з наноматеріалів. При цьому як компоненти можуть виступати наноматеріали, віднесені до першої категорії (композити з наночастками й/або нановолокнами, вироби зі зміненим іонною імплантацією поверхневим шаром або тонкою плівкою) і другої категорії (наприклад, композити, зміцнені волокнами й/або частками з наноструктурою, матеріали з модифікованим наноструктурним поверхневим шаром або покриттям). Можна виділити також композиційні матеріали зі складним використанням нанокомпонентів [2].

Згідно із рекомендацією 7-ї Міжнародної конференції з нанотехнологій (Вісбаден, 2004 р.) виділяють такі типи наноматеріалів: нанопористі структури; наночастки; нанотрубки і нановолокна; нанодисперсії (колоїди); наноструктуровані поверхні і плівки; нанокристали і нанокластери [16].

2.3 Основні типи структур наноматеріалів

Властивості наноматеріалів значною мірою визначаються характером розподілу, формою й хімічним складом кристалітів (нанорозмірних елементів), з яких вони складаються. Ось чому структури наноматеріалів доцільно класифікувати за цими ознаками (рис. 2.3).

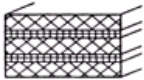
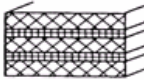
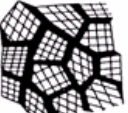
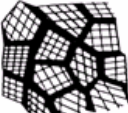
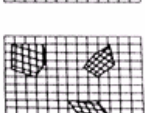
Характер розподілення	Кристалітне			Матричне
Хімічний склад	Склад кристалітів і границь однаковий	Склад кристалітів різний при однаковому складі границь	Склад кристалітів і границь різний	Кристаліти розподілені в матриці іншого складу
Форма кристалітів:				
Шарова				
Волокниста				
Рівновісна				

Рис. 2.3 Основні типи структур наноматеріалів [2].

За формою кристалітів наноматеріали можна розділити на шаруваті (пластинчасті), волокнисті (стовпчасті) і рівновагові. При цьому товщина шару, діаметр волокна й розмір зерна мають значення порядку 100 нм і менше. З урахуванням особливостей хімічного складу кристалітів та їх границь зазвичай виділяють чотири групи наноматеріалів.

До першої відносять такі матеріали, в яких хімічний склад кристалітів і границь розділення однаковий. Їх називають також однофазними. Прикладами таких матеріалів є чисті метали з нанокристалічною рівноваговою структурою й шаруваті полікристалічні полімери. До другої групи відносять матеріали, в яких склад кристалітів розрізняється, але границі є ідентичними за своїм хімічним складом. Третя група включає наноматеріали, у яких як кристаліти, так і границі мають різний хімічний склад. Четверту групу представляють наноматеріали, у яких нанорозмірні виділення (частки, волокна, шари) розподілені в матриці, що має інший хімічний склад. До цієї групи відносять, зокрема, дисперсно-зміцнені матеріали.

2.4 Властивості наноматеріалів та основні напрями їх застосування

1 Властивості. Найбільш значні зміни властивостей наноматеріалів і наночасток відбуваються у діапазоні розмірів кристалітів від 10 до 100 нм.

Частка атомів наночасток, що перебувають у тонкому поверхневому шарі (з товщиною порядку 1 нм), у порівнянні з мезо- і мікрочастками помітно зростає. Дійсно, частка приповерхневих атомів буде пропорційною відношенню площі поверхні частки S до її об'єму V . Якщо позначити характерний розмір частки (кристаліта) як D , тоді: $S/V \sim D^2/D^3 \sim 1/D$. У поверхневих атомів, на відміну від тих, що перебувають в об'ємі твердого

тіла, задіяні не всі зв'язки із сусідніми атомами. Для атомів, що знаходяться на виступах і уступах поверхні, ненасиченість зв'язків ще вища. У результаті в приповерхневому шарі виникають сильні перекручення кристалічних ґраток і навіть може відбуватися зміна типу ґратки. Слід враховувати також, що вільна поверхня являє собою стік нескінченної ємності для крапкових і лінійних кристалічних дефектів (у першу чергу вакансій і дислокацій). При малих розмірах часток цей ефект помітно зростає, що може приводити до виходу більшості структурних дефектів на поверхню й очищення матеріалу наночасток від дефектів структури й хімічних домішок. На цей час встановлено, що процеси деформації й руйнування протікають у тонкому приповерхневому шарі з випередженням у порівнянні із внутрішніми об'ємами металевого матеріалу. Це зумовлює виникнення ряду фізичних ефектів, зокрема фізичної границі плинності й фізичної межі втоми [2].

Для наночасток весь матеріал буде працювати як приповерхневий шар, товщина якого оцінюється в діапазоні від 0,5 до 20 мкм. Можна також вказати на тонкі фізичні ефекти, що проявляються в специфічному характері взаємодії електронів з вільною поверхнею.

Наступною причиною специфічності властивостей наноматеріалів є збільшення об'ємної частки границь розділення зі зменшенням розміру зерен або кристалітів у наноматеріалах. При цьому можна виділити об'ємну частку наступних складових: границь розділення, границь зерен і потрійних стиків.

Об'ємну частку границь розділення можна оцінити за формулою:

$\Delta V_{\text{ГР}} = 1 - [(D-s)/D]^3$, де s - товщина границь розділення (порядку 1 нм), а D - характерний розмір зерна або кристаліта. Об'ємну частку границь зерен – за формулою: $\Delta V_{\text{ГЗ}} = [3s(D-s)^2]/D^3$, а об'ємну частку потрійних стиків як різницю: $\Delta V_{\text{ТС}} = \Delta V_{\text{ГР}} - \Delta V_{\text{ГЗ}}$.

Розраховані за цими формулами залежності зазначених об'ємних часток відображено на рис. 2.4.

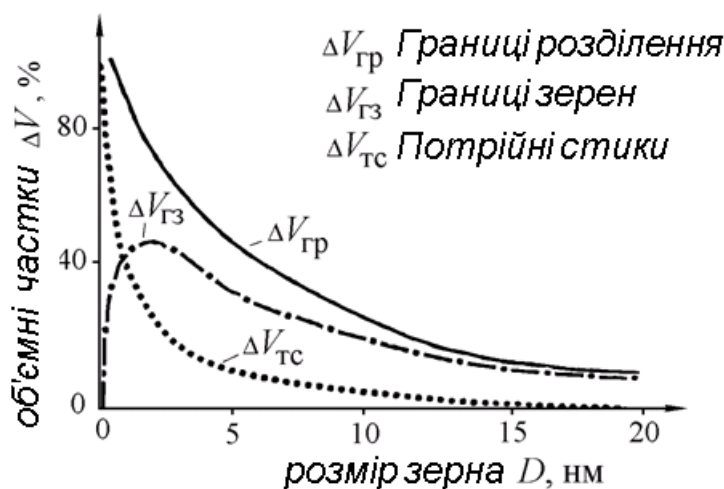
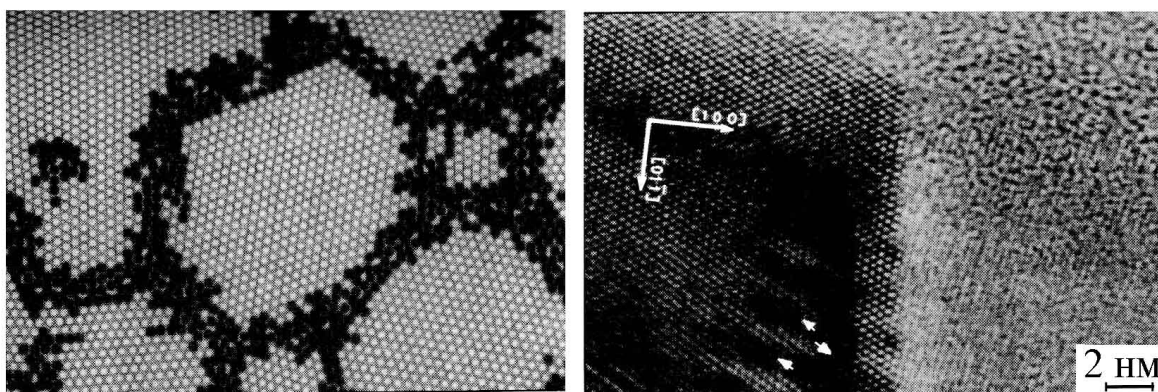


Рис. 2.4 Залежність об'ємних часток границь розділення, границь зерен і потрійних стиків [2].

Так, із зменшенням розміру зерна від 1 мкм до 2 нм об'ємна частка міжзеренного компонента (границь розділення) збільшується з 0,3 до 87,5 %. Об'ємні частки міжзеренного і внутризеренного компонентів досягають однакового значення (по 50 %) при розмірі зерна порядку 5 нм. Після зменшення розміру зерна менше ніж на 10 нм відчутно зростає частка потрійних стиків. Із цим пов'язують аномальне падіння твердості у цьому інтервалі розмірів зерна.

Комплексні експериментальні дослідження показали, що границі зерен мають нерівновагий характер, обумовлений присутністю зернограничних дефектів з високою щільністю (рис. 2.5). Ця нерівновагість характеризується надлишковою енергією границь зерен і наявністю далекодіючих пружних напружень; границі зерен мають кристалографічну впорядковану будову, а джерелами пружних полів виступають зернограничні дислокації й їхні комплекси. Нерівновагість границь зерен сприяє виникненню високих напруг і перекручуванню кристалічних ґраток, зміні міжатомних відстаней і появі значних зсувів атомів аж до втрати далекого порядку. Результатом є значне підвищення мікротвердості.



а

б

Рис. 2.5: а) атомна модель наноструктурного матеріалу (чорним позначено атоми зернограничної області, в яких зсув перевищує 10 % міжатомних відстаней); б) границі зерна в наноструктурній міді (електронна мікроскопія, що просвічує; позначено внесені зернограничні дислокації) [2].

Важливою характеристикою властивостей наноматеріалів є також схильність до появи кластерів. Полегшення міграції атомів (груп атомів) уздовж поверхні й границь розділення та наявність сил тяжіння між ними, які для наноматеріалів є більшими у порівнянні із традиційними матеріалами (рис. 2.6), часто приводять до процесів самоорганізації острівкових, стовпчастих та інших кластерних структур на підкладці. Цей ефект використовують з метою створення впорядкованих наноструктур для оптики й електроніки.

Ще одну причину специфічних властивостей наноматеріалів пов'язують із тим, що у процесі перенесення (дифузії, пластичної деформації

тощо) має місце деяка ефективна довжина вільного пробігу носіїв цього переносу L_e . При характерних розмірах області протікання процесів перенесення, що значно перевищують L_e , розсіювання носіїв буде вираженим незначно, але при розмірах менших L_e перенесення починає залежати від розмірів і форми у значній мірі. У випадку наноматеріалів у якості L_e можуть виступати, наприклад, дифузійна довжина і довжина вільного пробігу дислокацій.

Для матеріалів з розмірами кристалітів у нижньому нанодіапазоні $D < 10$ нм ряд учених вказує на можливість появи квантових розмірних ефектів. Такий розмір кристалітів можна порівняти з довжиною хвилі ДеБройля для електрона $\lambda_B \sim (m_e E)^{-1/2}$ (m_e - ефективна маса електрона, E - енергія Фермі). Для металів $\lambda_B \approx 0,1 \dots 1$ нм, а для ряду з напівметалів і тугоплавких з'єднань перехідних металів $\lambda_B \approx 10 \dots 100$ нм. Для будь-якої частки з малою енергією (швидкість $v \ll$ швидкості світла c) довжина хвилі ДеБройля визначається як $\lambda_B = h/mv$, де m і v - маса й швидкість частки, а h - постійна Планка. Квантові ефекти матимуть, зокрема, вигляд осцилюючої зміни електричних властивостей, наприклад провідності.

2 Найбільш відомі наноматеріали. Найбільш відомими наноматеріалами є:

- *фулерени* як нова форма існування вуглецю – атоми вуглецю можуть утворювати високосиметричну молекулу C_{60} . Така молекула створена з 60 атомів вуглецю, розташованих на сфері з діаметром приблизно в один нанометр і нагадує футбольний м'яч.

Фулереноподібні матеріали володіють рядом чудових характеристик, включаючи хімічну стійкість, високу міцність, твердість, ударну в'язкість, теплопровідність і (що є найважливішим) електропровідність. Залежно від тонких особливостей молекулярної симетрії фулерени можуть бути діелектриками, напівпровідниками, мати металеву провідність і високотемпературну надпровідність. Ці властивості у поєднанні з наномасштабною геометрією роблять їх майже ідеальними, можливо, навіть унікальними, матеріалами для виготовлення електричних проводів, надпровідних сполук або цілих пристроїв, які можна назвати виробами молекулярної електроніки. Фулерени можуть також використовуватися у процесі створення засобів молекулярної оптоелектроніки для фемтосекундної оптоволоконної передачі інформації;

- *фулерити* - молекули C_{60} в свою чергу можуть утворювати кристал фулерит із гранецентрованою кубічною решіткою та достатньо слабкими міжмолекулярними зв'язками. В цьому кристалі є октаедричні та тетраедричні порожнини, в яких можуть знаходитися інші атоми. Якщо це іони лужних металів (калій, рубідій, цезій), то при температурах нижче кімнатної структура цих речовин перестроюється і створюється новий полімерний матеріал. Якщо заповнити також і тетраедричні порожнини, то буде утворено надпровідник з критичною температурою 20-40 К. Існують

фулерити і з іншими домішками, які надають матеріалу унікальних якостей. Наприклад, C_{60} -етилен має феромагнітні якості;

- *вуглецеві нанотрубки* - із вуглецю можливо отримати молекули з гігантським числом атомів. Така молекула може являти собою одношарову трубку з діаметром біля нанометра та довжиною в декілька десятків мікрон. На поверхні трубки атоми вуглецю розташовані у вершинах правильних шестикутників. Кінці трубки закриті за допомогою шести правильних п'ятикутників. Слід відмітити роль числа сторін правильних багатокутників у формуванні двовимірних поверхонь, які створені з атомів вуглецю, в трьохвимірному просторі. Комбінації правильних п'яти-, шести- та семикутників дозволяють отримувати різні форми вуглецевих поверхонь у трьохвимірному просторі. Геометрія цих наноконструкцій визначає їхні унікальні фізичні та хімічні властивості та можливість існування принципово нових матеріалів і технологій їхнього виробництва. Поруч з одношаровими трубками є можливість створювати багатошарові трубки.

Вуглецеві нанотрубки використовуються як голчасті щупи скануючих зондових мікроскопів в дисплеях з польовою емісією, високоміцних композиційних матеріалах, електронних пристроях зі схемами з коротких нанотрубок, які піддані маніпулюванню й збиранню. Молекулярний характер фулеренових матеріалів дозволяє розробити хімічну стратегію збирання цих елементів у придатні для використання структури, матеріали й, можливо навіть, молекулярні електронні пристрої [17].

3 Основні напрями застосування (комерціалізації) наноматеріалів. Аналізуючи видання останніх років, присвячені розвитку і комерціалізації наукових досліджень і розробок у сфері наноматеріалів [2], можна скласти *орієнтовний огляд напрямів* їхнього застосування, на базі якого можна визначити також перспективи їхнього впровадження (рис. 2.6).

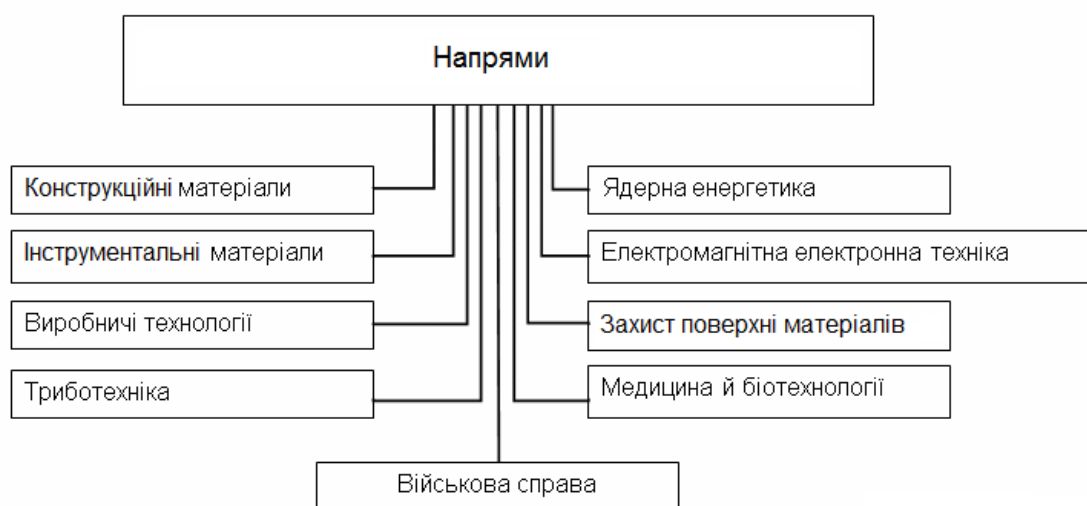


Рис. 2.6 Основні напрями застосування наноматеріалів і нанотехнологій.

Конструкційні матеріали. Використання сучасних конструкційних матеріалів, як правило, обмежується тим, що збільшення їхньої міцності приводить до зниження пластичності. Наноструктурні об'ємні матеріали відрізняються більшою міцністю при статичному й сталому навантаженні, а також твердістю в порівнянні з матеріалами зі звичайною величиною зерна. Тому основний напрям їхнього застосування - в якості високоміцних і зносостійких матеріалів. При цьому границя плинності збільшується в порівнянні зі звичайним станом в 2,5-3 рази, а пластичність - або незначно зменшується, або для Ni_3Al зростає в 4 рази. Композити, армовані вуглецевими нановолокнами й фулеренами розглядаються як перспективні матеріали для роботи в умовах ударних динамічних впливів, зокрема для створення броні й бронешилетів.

Аналіз проведених в останні роки вітчизняних і зарубіжних досліджень свідчить про значну перспективність таких основних напрямів розробки конструкційних матеріалів: створення наноструктурних керамічних і композиційних виробів точної форми, наноструктурних твердих сплавів для виробництва різальних інструментів із підвищеною зносостійкістю й ударною в'язкістю, наноструктурних захисних термо- і корозійностійких покриттів, полімерних композитів (що мають підвищену міцність й низьку займистість) з наповнювачами з наночасток і нанотрубок.

Інструментальні матеріали. Інструментальні сплави з нанозерном, як правило, є більше стійкими в порівнянні зі звичайним їх структурним станом. Нанопорошки металів із включеннями карбідів використовуються для шліфування й полірування матеріалу на кінцевих стадіях обробки напівпровідників і діелектриків.

Виробничі технології. Перспективним є використання наноматеріалів як компонентів композитів різного призначення. Додавання нанопорошків (підшихтовка) до звичайних порошків при виробництві сталей і сплавів із застосуванням методів порошкової металургії дозволяє знижувати пористість виробів, поліпшувати комплекс механічних властивостей. Прояв ефекту надпластичності в наноструктурних сплавах алюмінію й титану робить перспективним їхнє застосування для виготовлення деталей і виробів складної форми, а також використання у якості сполучних шарів для зварювання різних матеріалів у твердому стані. Найбільша питома поверхня нанопорошків сприяє їхньому застосуванню в ряді хімічних виробництв у якості каталізаторів.

Триботехніка. Перспективи застосування наноматеріалів у цьому напрямі пов'язані з тим, що металеві матеріали з наноструктурою володіють підвищеною в порівнянні зі звичайним структурним станом твердістю й зносостійкістю. Крім того, перспективним є використання полінано-кристалічних алмазів і алмазоподібних покриттів, а також надтвердих речовин на базі фулеренів (наприклад, сфероподібними молекулами C_{60}) і фулеритів (легованих фулеренів, наприклад Fe_xC_{60}). Наноструктурні багат шарові плівки на основі кубічного BN , C_3N_4 , TiC , TiN , $\text{Ti}(\text{Al},\text{N})$, що мають дуже високу або надвисоку (до 70 ГПа) твердість, добре

zareкомендували себе при терті ковзанням, у тому числі ряд плівок - в умовах ударного зношування. При розробці надтвердих нітридних плівок з наноструктурою відзначаються хороші триботехнічні властивості плівок з аморфною й наноструктурою з вуглецю й нітриду вуглецю, а також з Ti, Ti і TiCN. Як самозмащувальні покриття для розробки космічної техніки пропонуються багатофазні наноструктурні покриття на основі TiB_2 - MoS_2 з твердістю 20 ГПа й коефіцієнтом тертя ковзанням по сталі 0,05. Металеві нанопорошки додають до моторних масел для відновлення поверхонь тертя.

Ядерна енергетика. У США та інших розвинених країнах до цього часу наноматеріали використовуються в системах поглинання НЧ- і рентгенівського випромінювань. Пігулки ТВЕЛов виготовляють із ультрадисперсних порошоків UO_2 , а в термоядерній техніці використовують мішені для лазерно-термоядерного синтезу з ультрадисперсного берилію. Рукавички, фартухи й інший захисний одяг з гуми або штучних матеріалів з додаванням ультрадисперсного свинцевого наповнювача при однаковому ступені захисту в чотири рази легше звичайного захисного одягу.

Електромагнітна електронна техніка. Оптимальний комплекс магнітних характеристик деяких наноматеріалів (зокрема, залізо у сполученні із шарами халькогенідів) робить перспективним їх застосування для розробки пристроїв запису. Плівкові наноматеріали із плоскою поверхнею й поверхнею складної форми з магнітом'яких сплавів використовують для подовження терміну дії відеоголовок магнітофонів. На цей час широко використовуються наноструктурна нікелева фольга й магнітом'який наносплав "Файнмет". Вуглецеві нанотрубки із залізним напиленням, а також інтерметалідами самарію з кобальтом типу Sm_xCo_y застосовуються в магнітному чорнилі й тонерах. Вуглецеві нанотрубки, заповнені карбідами тугоплавких металів (TaC , Nb , MoC), можуть застосовуватися як надпровідники. Плівки Ti-C-B з розміром зерна близько 2 нм мають оптимальні електрофізичні властивості для використання у якості резисторів при високій термічній стабільності в порівнянні з об'ємними звичайними зразками. Упорядковані структури у вигляді "килимів" з нанопроволок можуть використовуватися як сенсори або елементи екранів високого розрішення. З'єднання вуглецевих нанотрубок з різною хиральністю (тобто скрученістю кристалічних ґраток щодо осі трубки) утворює нанодіод, а трубка, що лежить на поверхні окисленої кремнієвої пластини - канал польового транзистора. Для пристроїв запису даних надвисокої щільності, у тому числі для так званих квантових магнітних дисків, розроблені нанодроти зі сплаву $Fe_{0,3}Co_{0,7}$ діаметром 50 нм, які одержуються в процесі електролітичного осадження на пористу підкладку з оксиду алюмінію. Фулерени й наноматеріали, створені на їхній основі є перспективними матеріалами для розробки напівпровідникової, оптичної й фотоелектричної техніки. У якості перспективних напівпровідникових матеріалів розглядаються епітаксціальні шари Ga, у тому числі на сапфіровій підкладці, самоорганізація топографічної наноструктури поверхні яких пов'язана з

величиною рухливості електронів, особливостями мозаїчної структури й хімічним складом.

Захист матеріалів. У ряді випадків для надійного функціонування виробів необхідно забезпечити високі водо- і масловідштовхуючі властивості їх поверхні. Це стосується автомобільного скла, скла для літаків і кораблів, захисних костюмів, стінок резервуарів для зберігання рідин, будівельних конструкцій тощо. З цією метою розроблено покриття на основі наночасток оксиду титану з розмірами 20-50 нм. Дане покриття різко знижує змочуваність поверхні водою, рослинним маслом і спиртовими розчинами.

Медицина й біотехнології. Важливою сферою застосування чистих наноструктурних матеріалів, зокрема Ti , є використання їх у медичних цілях як імплантантів, протезів і у травматологічних апаратах. При цьому використовується сполучення високих механічних властивостей (на рівні складнолегованих сплавів) з високою біологічною сумісністю чистого металу. Наноструктурні плівки вуглецю і композиційні наноплівки на основі вуглецю й Si , SiO_x , SiN_x Si , володіють високою біосумісністю, хімічною, термічною й механічною стійкістю, тому їх перспективно використовувати для виготовлення вузлів біосенсорів, протезів й імплантантів. Нанопорошки лікарських препаратів застосовуються у медикаментах швидкого засвоєння, а також в екстремальних умовах (пораненнях внаслідок катастроф, бойових дій).

Військова справа. Ультрадисперсні порошки входять до складу покриттів для поглинання радіочасток, для створення літаків із застосуванням технології "Стелс", а також для створення вибухових речовин і запальних сумішей. Вуглецеві нановолокна застосовуються при виробництві спеціальних боєприпасів, призначених для виведення з ладу енергосистем супротивника (так звані графітові бомби).

Обмеження у використанні наноматеріалів. Поряд із позитивними факторами застосування наноматеріалів, спостерігається і ряд негативних факторів, зокрема такі. Матеріали з нанорозмірним зерном відрізняються крихкістю. Шляхом застосування методів інтенсивної пластичної деформації вдається дещо знизити прояви цього неприємного ефекту, наприклад для нанокристалічної міді, титану й титанових сплавів, інтерметаліду Ni_3Al . Проте проблема залишається досить актуальною. Важливим обмеженням для використання наноструктурних конструкційних матеріалів є їхня схильність до міжкристалітної корозії унаслідок великої об'ємної частки границь зерен. Іншим важливим обмеженням є нестабільність структури наноматеріалів, а отже, нестабільність їх фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей. Так, при термічних, радіаційних, деформаційних та інших впливах неминуче виникають рекристалізаційні, релаксаційні, сегрегаційні й гомогенизаційні процеси, а також явища розпаду, фазових перетворень, спікання й запливання нанопор і нанокاپілярів, аморфізації або кристалізації. Наприклад, вуглецеві нановолокна, призначені для передачі рідини, можуть ушкоджуватися під дією вібрацій та в результаті структурної нестійкості вуглецю під дією потоку рідини. При формуванні виробів з нанопорошків

виникає проблема злипання наночасток в агломерати, що може ускладнити одержання матеріалів із заданою структурою й розподілом компонентів [2].

Слід зазначити, що на ринку наноматеріалів на цей час найбільш широко представлені нанопорошки металів і сплавів, нанопорошки оксидів (кремнію, заліза, сурми, алюмінію, титану), нанопорошки ряду карбідів, вуглецеві нановолокна, фулеренові матеріали.

3 Введення в наноіндустрію

У соціально-економічних пріоритетах будь-якої індустріальної держави особливе місце посідає розвиток наукомістких галузей промисловості з високим рівнем доданої вартості. Лідером світової економіки на сучасному етапі у якості такого напрямку визначено наноіндустрію.

У рамках сучасних уявлень *наноіндустрія* - це *інтегрований комплекс, що охоплює устаткування, матеріали, програмні засоби, систему знань; технологічну, метрологічну, інформаційну, організаційно-економічну культуру і кодовий потенціал, які забезпечують виробництво наукоємної продукції, заснованої на використанні нових, нетрадиційних властивостей матеріалів і систем при переході до наномасштабів* [27-28].

За порівняно незначний проміжок часу зміцнилося уявлення про таке:

- префікс "нано" характеризує перш за все об'єкти дослідження, прогнозовані явища, ефекти і способи їх опису, ніж просто довжину базового елемента, яку формально визначено від 1 до 100 нм;
- базові поняття із префіксом "нано" найбільш повно відображають функціонально-системні властивості матеріалів, процесів і явищ, а не чисто геометричні параметри об'єктів.

Сфера знань про наноматеріали, нанотехнології, наносистеми, а також нанопроцеси – *наносфера* – на сьогодні об'єднує учених й інженерів з політиками і чиновниками загальною системною ідеєю, яка відкриває можливості:

- реальних змін економічної міцності держави за рахунок розвитку інтелектуальної, а не сировинної сфери діяльності;
- забезпечення економічної безпеки за рахунок швидкого й стійкого входження на світовий ринок конкурентоспроможної продукції з високим рівнем наукомісткої доданої вартості;
- збереження й розвитку "людського капіталу" за рахунок ефективного використання раніше накопиченого науково-освітнього потенціалу й широкого застосування економічно ефективних нових високих технологій у системі охорони здоров'я, забезпечення продовольчої й екологічної безпеки;
- досягнення паритету і переваги в наукомістких військових і спеціальних технологіях, що забезпечують зовнішню й внутрішню безпеку держави.

Вибір наноіндустрії у якості пріоритетного напрямку розвитку дозволяє вирішити такі основні завдання:

- економічне - підвищити ефективність виробництва за рахунок мінімізації сировинної складової у вартості продукту при різкому зростанні інтелектуально доданої вартості;
- соціальне - збереження й розвиток людського капіталу як базового фактора існування незалежної держави, що володіє економічними, науково-технічними й кадровими ресурсами для виробництва конкурентоспроможної наукомісткої продукції, а також забезпечує для своїх громадян затребуваний

сучасний рівень освітніх послуг і соціально "комфортне" середовище проживання.

3.1 Фундаментальний базис наноіндустрії

В основі системи знань про об'єкт досліджень, безумовно, лежить аналіз його речовинно-матеріального базису, структурного упорядкування й стабільності, просторово-часової організації, а також кількісний і якісний прояв традиційних і раніше невідомих властивостей у залежності від умов синтезу й функціонування [27].

Як об'єкт досліджень обрано сукупність вищезгаданих базових понять і виділено комплекс їхніх функціональних особливостей, що відображають "індустрію наносистем, або наноіндустрію" (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Характеристики наноіндустрії

Напрямок розвитку	Функціональна особливість
Наноматеріали	
• 0-мірні: квантові крапки • 1-мірні: квантові нитки, нанотрубки, нановолокна, лінійні полімери • 2-мірні: квантові ями, надрешітки, плівки Ленгмюра-Блоджетт, біомембрани • 3-мірні: нанокомпозити, фулерени, фулероїди, астралени, мицели, біоорганічні полімери	• Легкість • Міцність • Стійкість • Еластичність • Біосполученість • Селективність • Енергоємність • Пам'ять
Нанотехнології	
• Атомно-молекулярне нашаровування • Атомно-молекулярне збирання й самозбирання • Атомно-молекулярне модифікування й видалення • Атомно-молекулярна селекція • Нерівновагий синтез	• Наноточність • Нанолокалізація • Нанопозиціювання • Нановибірковість • Нанокаталіз
Нанодіагностика	
• Атомно-зондова мікроскопія • Електронна мікроскопія й спектроскопія • Мас-спектрометрія • Оптична спектроскопія • Дифрактометрія	• Наноточність • Наночутливість • Нанокількість

• Еліпсометрія • Електрофорез • Хроматографія • Парамагнітний резонанс	
Наносистемотехніка	
• Кооперативність • Вибірковість • Поліморфізм • Розподіленість • Інтеграція синтезу й функціонування	• Наномасштабування • Квантові розмірні ефекти • Синергетичні ефекти • "Гігантські" ефекти • Асоціативні ефекти • Нерівновагі процеси

Найбільш характерними проявами "наносвіту" у порівнянні із традиційними об'єктами з мікроскопічними розмірами варто визнати такі:

- появу нетрадиційних видів симетрії й особливих видів сполучень меж розділення, конформації зі структурою, що динамічно перебудовується;

- домінування над процесами штучного упорядкування явищ самоупорядкування і самоорганізації, що відображають прояви ефектів матричного копіювання й особливості синтезу в умовах, що є далекими від рівноваги;

- високу "польову" (електричну, магнітну) активність і "каталітичну" (хімічну) вибірковість поверхні ансамблів на основі наночасток, включаючи інтегровані композиції неорганічної й органічної природи;

- особливий характер протікання процесів передачі енергії, заряду й конформаційних змін, що відрізняються низьким енергоспоживанням, високою швидкістю та мають ознаки кооперативного синергетичного процесу.

Варто припустити, що причиною появи вищевказаних особливостей в умовах "наносвіту" є:

- зміна відношення площі поверхні до обсягу при переході до нанорозмірних систем;

- енергетична, польова й "речовинна" нерівновага поверхні, що охоплює значні обсяги наночасток;

- посилення ролі різних видів розмірних ефектів внаслідок значної площі меж розділення в умовах нанокомпозицій;

- поява в умовах великих колективів енергетично активних наночасток нетрадиційних механізмів упорядкування, перенесення енергії й заряду;

- малі характеристичні розміри часток і особливий характер їхнього упорядкування, які забезпечують енергетичну й просторову доступність транспорту заряду, енергії й конформаційних змін.

З огляду на зазначене можна сформулювати ряд постулатів, що визначають характерні ознаки й напрями розвитку наноматеріалів, нанотехнологій і наносистем (табл. 3.2).

**Характерні ознаки й напрями розвитку наноматеріалів,
нанотехнологій і наносистем**

Наноматеріали	Нанотехнології	Наносистеми
Макро- і мікрооб'єкти - інтеграція штучно або природно упорядкованих наносистем	Наноточність, нановибірковість і самоорганізація в умовах синтезу макро- і мікрооб'єктів	Макросистемні властивості - прояв кооперативної взаємодії й вибірковості границь розподілення наносистем
Від макрокристалів до композицій нанокристалів і субмолекулярних комплексів	Від мікро- до наноточності (нанокалібрації, нанопозиціонування, нановибірковості)	Від мікро- до наномасштабування
Від штучно упорядкованих систем до самоупорядкованих	Від організації до самоформування, самозбирання (самоорганізації)	Від класичних розмірних ефектів до квантових
Від статичного упорядкування до динамічного (неврівноваженого)	Від квазиврівно-важених процесів до невірноважених	Від ізольованих консервативних систем до відкритих кооперативних

Таким чином, *фундаментальним базисом наноіндустрії є нові раніше невідомі властивості матеріалів і композицій, які виникають при переході до об'єктів, що являють собою інтеграцію штучно або природно упорядкованих наносистем*. Це обумовлено особливим проявом у нанокомпозиціях і ансамблях субмолекулярних комплексів кооперативно-синергетичних явищ і процесів, квантово-розмірних і "гігантських" ефектів.

У якості фундаментальних проблем наноіндустрії можна виділити наступні напрями досліджень:

- малі угруповання молекул, міжмолекулярні взаємодії й молекулярна динаміка;
- розмірні й функціональні властивості наночасток, конформації, міжфазні межі;
- наномасштабування й квантово-розмірні ефекти;
- невірноважені процеси й синергетичні явища в наноструктурованих матеріалах;
- теорії матричного синтезу, збирання, самозбирання й молекулярного розпізнання для речовин органічної й неорганічної природи.

3.2 Природничо-науковий базис наноіндустрії

Унікальність нанонапрямку визначається тим, що він може виявитися затребуваним різними соціальними прошарками і професійними групами

суспільства, оскільки продукція наноіндустрії - це *інтелектуальна й матеріальна наукомістка продукція з раніше не досяжними техніко-економічними показниками, що створюється на основі широкого застосування нових матеріалів, технологічних процесів і методів контролю*. Ця продукція орієнтована на вирішення завдань забезпечення обороноздатності, безпеки й технологічної незалежності держави, реалізації соціально та економічно значимих національних проектів у сферах освіти й охорони здоров'я, підвищення якості й різноманітності сучасних товарів і послуг [28].

Базисом наноіндустрії є *нанонаука* - система знань, заснована на описі, поясненні й передбаченні властивостей матеріальних об'єктів з нанометричними розмірами або об'єктів більш високого метричного рівня, упорядкованих або самоупорядкованих на основі нанорозмірних елементів.

Формально нанотехнологія на основі системи знань, умінь і апаратурно-інформаційного забезпечення реалізує сукупність науково обґрунтованих дій для практичного матеріального втілення ідей нанонауки у вигляді нанотехніки, тобто інтелектуальної й матеріальної продукції: машин, механізмів, приладів, пристроїв і матеріалів, створених з використанням нових, раніше не відомих властивостей і функціональних можливостей матеріальних систем при переході до наномасштабів, обумовлених особливостями процесів переносу й розподілу зарядів, енергії, маси й інформації при наноструктуруванні.

В цих умовах особлива роль належить створенню, розвитку або переосмисленню природничонаукового базису. В основі системного впорядкування знань про об'єкт досліджень, безумовно, лежить аналіз його матеріального базису, структурного впорядкування, просторово-часової організації й стійкості, а також кількісний і якісний прояв традиційних і раніше невідомих властивостей залежно від умов синтезу і функціонування.

Особлива роль у розвитку наноіндустрії належить міждисциплінарним дослідженням.

Міждисциплінарні технології "BIO-ICT", "MASSIVE-ICT", "SMART-ICT" для створення інформаційно-комунікаційних систем нового покоління використовують об'єкти органічної природи, комбінації органічних і неорганічних структур, а також орієнтуються на явища (що є найбільш властивими для живих систем) самоорганізації, адаптації й навчання. Для найбільш ефективного прояву цих явищ створюються надвеликі масиви (до 10^{13}) традиційних базових електронних елементів, на кристалі, які за умов впливу нанорозмірного фактору вступають у синергетичну взаємодію.

Зазначений факт безпосередньо пов'язаний із двома напрямками досягнення кінцевого результату в умовах створення об'єктів індустрії наносистем.

Перший напрям "зверху-вниз" - це фактично фізичний редукаціонізм - "від великого до малого" шляхом багаторазового зменшення об'єкта, що досліджується (створюється). За цим напрямом здійснюється розвиток класичної нанотехнології інтегральних схем. У той же час конструювання такого складного багатоелементного і багаторівневого виробу, яким є

інтегральна схема, вимагає системного інтегрування, що надає цілісності системі.

Другий напрям реалізується в рамках цілісного, так званого холічного підходу, коли досліджують системні властивості об'єкта, що є штучно синтезованим або таким, що самоорганізується. В основі об'єкта лежать нанорозмірні елементи, які є найбільш типовими для технології наноматеріалів. Цей напрям має багато спільного з першим, що пояснюється тим, що в процесі еволюційного розвитку першого напрямку технологічно отримано елементи з такими розмірами (наприклад 22 нм), за яких їхня інтеграція (самоорганізація) приведе до виникнення функціональних властивостей, типових для кооперативних цілісних систем.

На даний час сформовано тимчасову шкалу і визначено тимчасову динаміку створення і промислового впровадження наносистем як матеріальних об'єктів у вигляді впорядкованих або самовпорядкованих, зв'язаних між собою елементів з нанометричними розмірами, кооперація яких забезпечує виникнення у об'єкта нових властивостей, обумовлених проявом наномасштабних факторів.

Можна виділити наступні періоди, що характеризуються цілеспрямованим проведенням робіт із виготовлення наукомісткої продукції:

- 2000 р. – пасивні наносистеми-наноматеріали (наноструктуровані матеріали, аерозолі, гелі, колоїди, що використовуються як покриття, і самостійні дисперсні середовища);
- 2005 р. – активні наносистеми-нанопристрої (нанокомпозиції для електроніки, Фотоніки, біології, механіки);
- 2010 р. – інтегровані мікросистеми на основі нанорозмірних систем (інтелектуальні системи на основі дво- й тривимірної штучної інтеграції й самоорганізації з максимальним проявом нанорозмірних ефектів і процесів);
- 2015-2020 рр. – молекулярні наносистеми (кластерні макромолекулярні комплекси, у тому числі міждисциплінарні, з конвергенцією об'єктів живої й неживої природи).

Найбільш глибокі знання у поєднанні з використанням можливостей матеріального світу на мікро- та нанорозмірних рівнях створюють передумови до синтезу штучних (раніше невідомих у природі) систем не лише за складом і (або) структурою, але й за властивостями, а отже, функціональними можливостями.

Для визначення головних принципів бурхливого розвитку інтегрованих систем на основі нанорозмірних елементів, конвергентних систем на основі інтеграції нанорозмірних систем різної природи (органічної, біоорганічної, неорганічної), можна виділити:

- фізичні й технологічні обмеження інтеграції й мініатюризації в умовах класичних неорганічних середовищ і традиційних схемотехнічних рішень;
- орієнтацію на середовища й системи із безліччю структурно-стійких станів (поліморфізм);
- орієнтацію на середовища й системи, що забезпечують перенос заряду й енергії з мінімумом втрат;

- орієнтацію на середовища й системи, що забезпечують перенесення заряду і енергії з мінімальними втратами;

- орієнтацію на середовища й системи, що забезпечують внутрішню "генерацію" інформації та енергії, в тому числі за рахунок особливої взаємодії із зовнішнім середовищем;

- орієнтацію на середовища й системи з кооперативними принципами обробки інформації, що забезпечують розподіленість, паралельність, асоціативність, надсенсорність і надійність;

- орієнтацію на середовища й системи, що володіють максимальною фізіологічною сумісністю з людським організмом і інформаційною адаптивністю до алгоритмів його функціонування.

Особливе значення набуває "інтерфейс" між живою й неживою природою. Сучасний стан розробки пристроїв на основі біосередовищ та їх аналогів характеризується наступними напрямками:

- використання біосередовищ у традиційних приладах, наприклад, застосування у якості матеріалів замка польового транзистора або оптичного хвилеводу;

- використання біосередовищ в реалізації прецизійних технологічних операцій, наприклад біолітографії з наномолекулярним розрішенням;

- створення біосенсорів і актюаторів інвазивного й неінвазивного типів для діагностики і біокорекції стану організму;

- створення функціональних біопротезів, що забезпечують заміщення втрачених органів або функцій (слух, зір, тощо);

- спроба створення надпотужних систем штучного інтелекту на основі біонейронів і середовищ з нейроподібною структурою.

У процесі розгляду біосередовища як одного з елементів базису для створення конвергентних штучних інтелектуальних і сенсорних наносистем майбутнього, у першу чергу, варто звертати увагу на функціонально-технологічні особливості, обумовлені структурними конформаційними властивостями біомолекул і композицій на їхній основі, у тому числі за участю неорганічних матриць. При цьому варто враховувати, що конформація є результатом енергетичної адаптації на молекулярному рівні.

Абстрагуючись від принципів обробки та аналізуючи тільки функціонально-речовинний базис трьох найбільш перспективних напрямів використання біосередовищ (біосенсори, біопротези і "біокомп'ютери"), неможливо не звернути увагу на особливості біосередовищ, які є привабливими для створення на їхній основі інтегрованих систем як у функціональному, так і технологічному аспектах:

- "біофізичне" перетворення, інформації, що характеризується кооперативними нелінійними процесами, глибоким розпаралелювання інформаційних каналів і генерацією інформації;

- "біохімічне" посилення, що характеризується убудованими джерелами енергії й електричного потенціалу в поєднанні з переносом заряду й енергії практично без втрат;

- селективність до зовнішніх інформаційних і технологічних збурювань, яка забезпечує локалізацію й вибірковість впливу;

- синтез середовищ і систем з використанням процесів матричного копіювання, самозбирання, самоорганізації, відбору й навіть розмноження.

Таким чином, біоорганічні й конвергентні біонеорганічні надмолекулярні композиції за рахунок структурно-морфологічного й хімічного різноманіття, а також особливостей переносу в них енергії, заряду та прояву властивостей, характерних для біосередовищ, можуть розглядатися як основа "функціональних" середовищ майбутнього. Такі середовища характеризуються надвеликою інформаційною ємністю, високою питомою енергонасиченістю, селективністю до зовнішніх впливів, асоціативністю і розподіленістю процесів обробки інформації. В них також можуть поєднуватися процеси функціонування й синтезу, який володіє здатністю самооновлюватися. Неорганічний елемент надмолекулярної композиції може виконувати не тільки функції субстрату, але й активного діагностуючого або виконавчого середовища.

Серед узагальнених базових напрямів фундаментальних досліджень щодо створення природничонаукового базису наноіндустрії особливий інтерес становлять:

- кристалохімія наноматеріалів;
- молекулярна динаміка й наномеханіка;
- біомолекулярна інженерія;
- термодинаміка наносистем;
- фізико-хімія нанодисперсних речовин;
- синергетичні ефекти й самоорганізація в наносистемах;
- наномасштабування і квантово-розмірні ефекти;
- фундаментальні основи колективних і транспортних явищ у нанорозмірних системах;
- моделювання процесів структуроформування наноматеріалів.

Еволюційне поле "мікросистеми-наносистеми" відображено у табл.3.3.

Еволюційне поле від мікро- до наносистеми

Характеристика системи	Еволюційне поле	
Природничонауковий базис	Монодисциплінарні: електричні, оптичні, механічні Міжвидові: електромеханічні, оптоелектронні Міждисциплінарні (конвергентні): біотехнічні (матеріальний базис), біонічні (принцип)	
Базові функціональні властивості	Посилення Генерація Пороговість Пам'ять	Селективність Адаптивність Асоціативність Кооперативність Самоорганізація
Характеристичні розміри	Мікроскопічні Субмікроскопічні Нанорозмірні Атомно-молекулярні	
Розмірність у просторі	1D (віскер), 2D (мембрана), 3D (кластер)	
Структурна організація	Періодичні Штучно впорядковані	Аперіодичні Природно впорядковані (самовпорядковані)
Почасова організація	Статичні	Динамічні
Матеріалознавчий базис	Неорганічні матеріали Органічні матеріали	Біоорганічні матеріали Біонеорганічні матеріали
Технологічні принципи	Маска Матриця	Селективність Самоорганізація Зонд
Конструктивна інтеграція	Дискретні компоненти: у корпусі, безкорпусні Системи у корпусі (SiP) Системи на кристалі (SoC) Мікро- і нанокластери, у тому числі конвергентні	

3.3 Науково-технологічні пріоритети наноіндустрії

У процесі визначення науково-технологічних пріоритетів наноіндустрії доцільно використовувати такі критерії:

- збереження і розвиток наукового і освітнього потенціалів;
- національна безпека і оборона;
- технологічна безпека і конкурентоспроможність;
- соціальна потреба;
- економічна ефективність.

У якості одного із можливих варіантів розвитку науково-технологічної діяльності у наносфері наведено комплекс робіт за чотирма основними напрямками (табл. 3.4), які забезпечують вирішення найбільш актуальних завдань у сфері національної і технологічної безпеки держави, забезпечення

конкурентоспроможності продукції, розвитку соціальної, медичної та освітньої сфер.

Таблиця 3.4

Актуальні напрями робіт у наноіндустрії

Наноматеріали	• <i>Нанокмпозиційні матеріали</i> зі спеціальними механічними властивостями для надміцних, наделастичних, надлегких конструкцій. • <i>Нанокмпозиційні й нанодисперсні матеріали</i> для високоефективної сепарації й виборчого каталізу. • <i>Нанокмпозиційні матеріали</i> з особливою стабільністю до екстремальних факторів для термічно- хімічно- і радіаційностійких конструкцій. • <i>Нанокмпозиційні матеріали</i>, що мають "інтелектуальні" властивості, включаючи: адаптивність, асоціативність, пам'ять. • <i>Наноструктури і нанокмпозиції</i> для електронних і фотонних інформаційних систем. • <i>Нанокмпозиційні біоорганічні матеріали</i> для медицини й біотехнологій. • <i>Спеціальні нанокмпозиційні матеріали</i> з низькою відбиваючою ефективністю або надвисокою поглинаючою здатністю у СВЧ та оптичному діапазонах довжин хвиль. • <i>Спеціальні нанодисперсні матеріали</i> з максимально ефективним енерговиділенням, у тому числі імпульсним.
Нанотехнології	• <i>Машинобудівні нанотехнології</i> (механічна, термомеханічна і корпускулярна обробка з наноточністю). • <i>Фізико-хімічні нанотехнології</i> (атомно-молекулярне хімічне збирання неорганічних і органічних речовин). • <i>Атомно-зондові нанотехнології</i> (нанозондовий надлокальний синтез і модифікування). • <i>Біомедичні нанотехнології</i> (біочипи і біокластери; надлокальна нановибіркова діагностика, фармакотерапія, хірургія; генна інженерія). • <i>Апаратно-методичне забезпечення чистоти й мікроклімату в індустрії наносистем.</i>
Нанодіагностика	• <i>Експрес-методи контролю хімічного складу й геометрії</i> нанооб'єктів. • <i>Експрес-методи реєстрації електричних, магнітних і акустичних полів нанооб'єктів, контроль їх фізичних і хімічних властивостей.</i>
Наносистеми (нанопристрої)	• <i>Нанохімічні компоненти (сорбенти, каталізатори, насоси, реактори) для високоефективного очищення, вибіркового надшвидкісного високопродуктивного синтезу, атомно-молекулярної інженерії.</i> • <i>Наноелектронні компоненти (елементна база) для надінтегрованих надпотужних надшвидкісних систем генерації, збереження, передачі й обробки інформації.</i> • <i>Нанооптичні компоненти (елементна база — випромінювачі, фотоприймачі, перетворювачі) для енергетично ефективної світлотехніки, систем надшвидкісної "надицільної" високоперешкодозахищеної передачі й обробки інформації.</i> • <i>Мікро- і наноінструменти для процесів атомно-молекулярної інженерії.</i>

Реалізація цих напрямів робіт не вирішить всіх проблем широкого промислового розвитку нанотехнологій, проте забезпечить:

- розвиток наукового й промислового потенціалів високих технологій;
- збереження й розвиток кадрового потенціалу, інтеграцію й ефективне використання висококваліфікованих фахівців;
- інтенсифікацію міждисциплінарних досліджень і розробок, що забезпечують науково-технологічний прорив за ключовими напрямками науково-технологічного прогресу;
- збереження паритету вітчизняної науково-освітньої культури у сфері високих технологій серед провідних країн світу;
- розвиток сфери економічно ефективних соціальних послуг на основі нових технологій [27-28].

Якщо розглядати наноіндустрію як наукомістку індустрію нового покоління, то будь-яка держава в ідеалі зацікавлена мати інтегрований комплекс виробничих, наукових, освітніх і фінансових організацій різних форм власності, що здійснює цілеспрямовану діяльність у напрямі створення інтелектуальної та наукомісткої продукції з високим рівнем доданої вартості й раніше не досяжними техніко-економічними показниками. Цей комплекс має бути заснований на високому потенціалі науково-освітнього капіталу держави, прогресивних проривних і міждисциплінарних дослідженнях, науково- та економічно обґрунтованому практичному використанні нових нетрадиційних властивостей і функціональних можливостей матеріалів і систем різної фізико-хімічної природи при переході до наномасштабів.

У цьому зв'язку на певному етапі доцільним є створення і впровадження в практику *нанотехнологічних кластерів* - як форми кооперації наукових, конструкторських, технологічних, виробничих, інвестиційних і освітніх організацій, незалежно від їхніх організаційно-правових форм. Діяльність нанокластерів має координуватися на державному і міжгалузевому рівнях.

3.4 Освітній базис наноіндустрії

У процесі організації та реалізації робіт у наносфері разом із постановкою економічного завдання щодо підвищення ефективності виробництва на основі розвитку високотехнологічних галузей необхідно вирішувати і соціальне завдання - забезпечення розвитку "людського капіталу" шляхом проведення наукових досліджень і надання освітніх послуг. Розглянемо російський досвід підготовки спеціалістів для наносфери.

На етапі становлення наноіндустрії як науково-технологічного напрямку найбільш раціональним підходом для оперативного досягнення кінцевого результату (за умови наявності різноманітних шляхів розвитку) є підготовка

кваліфікованих кадрів для наукової й педагогічної діяльності за багаторівневою системою "бакалавр - магістр - аспірант"³ [28].

Доцільність введення багаторівневої системи підготовки кадрів обумовлена таким:

- об'єктивною ситуацією щодо розвитку даного високотехнологічного напрямку, який характеризується стадією нагромадження знань - становленням нанонауки;

- відсутністю (не лише у пострадянських країнах, а і за їх межами) остаточної концепції розвитку наноіндустрії як промислового виробництва, орієнтованого на певну номенклатуру наноматеріалів і компонентів наносистемної техніки;

- необхідністю гармонізації структури вітчизняного освітнього процесу за базовими напрямками науково-технічного прогресу з концепцією, прийнятою більшістю промислово розвинених країн у рамках Болонської декларації.

При підготовці магістрів для наносфери найбільш затребуваними є такі програми:

- фізика наносистем;
- хімія наносистем;
- матеріалознавство наносистем;
- процеси нанотехнологій;
- методи нанодіагностики;
- наноелектроніка;
- нанооптика;
- наномеханіка;
- мікро- і наноенергетика;
- біомедичні нанотехнології.

Найважливішими елементами забезпечення якості вищої освіти є:

- кадровий потенціал, заснований на сучасних науково-педагогічних школах, які забезпечують наступність поколінь, швидку адаптацію до актуальних науково-технічних проблем із збереженням глибини досліджень і фундаментальності освіти;

- лабораторно-експериментальна база, яка дозволяє поєднувати можливість отримання знань-ознайомлень і знань-навичок.

На жаль, до початку XXI ст. експериментальна база більшості вищих навчальних закладів РФ у сфері високих технологій серйозно відставала від зарубіжного рівня. Тому, на думку багатьох російських експертів, прогресивною є ідея збереження за вищими навчальними закладами можливості придбання унікальних спеціалізованих приладів і створення комплексних учбово-наукових малобюджетних лабораторій.

³ Багаторівнева система підготовки за напрямом "Нанотехнологія" отримала підтримку у вищих навчальних закладах Російської Федерації. На цей час на базі більш ніж 30 вищих навчальних закладів передбачається створити науково-освітні центри за вказаним напрямом із виділенням коштів на розвиток наукомісткої матеріально-технічної бази.

Їх особливістю є:

- модульний уніфікований характер лабораторної бази для забезпечення знань-ознайомлень;
- доступність розміщення, експлуатації і придбання устаткування. (Середня вартість модуля навчально-наукової лабораторії є в 5-10 разів меншою вартості аналогічного дослідницького устаткування).

Модульний характер лабораторії [28] дозволяє підбирати необхідну номенклатуру малогабаритного технологічного й контрольно-діагностичного обладнання для швидкої адаптації його до навчального процесу (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Базова номенклатура модульного обладнання для малобюджетної навчально-наукової нанолaboratorії

Нанотехнології	Наноконтроль і нанодіагностика
Отримання вуглецевих нанотрубок з газової фази	Оптична мікроскопія з електричною нанозондовою діагностикою
Молекулярне хімічне збирання нітридів і оксидів	Растрова електронна мікроскопія наносистем
Плазменне осадження нанокластерів вуглецю й металів	Атомно-силова мікроскопія наноразмерних об'єктів
Електрохімічне формування нанопористого кременю Зольно-гелева технологія одержання наноструктурованих оксидів	Еліпсометрія наношарових композицій Оптична спектроскопія наночасток
Одержання органічних наношарів методом Ленгмюра-Блоджетт	Електронний парамагнітний резонанс магнітних нанокластерів
Ампліфікація ДНК методом полімеразної ланцюгової реакції	Хроматографія білків
	Капілярний електрофорез колоїдних часток

Таким чином, *система знань, навичок, умінь, матеріально-технічне, метрологічне, інформаційне забезпечення процесів і операцій, спрямованих на створення наноматеріалів і систем з яскраво вираженими властивостями, які обумовлені наномасштабними факторами, є технологічним базисом наноіндустрії.*

Наноіндустрія може бути віднесена до наукомістких високотехнологічних напрямів з високою доданою вартістю. Цей напрям потребує значних інвестицій в "людський капітал"[28].

4 Світові тенденції розвитку наносфери

4.1 Загальний огляд. Національні стратегії розвитку наносфери. Інвестування нанотехнологій

Розвиток фундаментальних і прикладних уявлень про наноматеріали і нанотехнології вже у найближчі роки може привести до кардинальних змін у багатьох сферах людської діяльності: матеріалознавстві, енергетиці, електроніці, інформатиці, машинобудуванні, медицині, сільському господарстві, екології тощо.

1 Глобальні інвестиції у розвиток наносфери. Промислово розвинені країни світу усвідомлюють ту ключову роль, яку в недалекому майбутньому будуть відігравати результати наукових робіт і розробок у наносфері. Ось чому загальний обсяг інвестицій у світовому масштабі у розвиток наносфери за період 2003-2006 рр. збільшився в 1,6 рази і становить близько 12 млрд. дол. США, при цьому обсяг бюджетних асигнувань виріс в 2 рази і становить 7 млрд. дол., внесок корпоративного сектору в нанонауку збільшився в 2,3 рази і становить 7 млрд. дол., а загальний обсяг венчурних інвестицій - в 3,3 рази, або зріс до 1 млрд. дол. США (рис. 4.1) [29-31].



Рис. 4.1 Глобальні інвестиції у розвиток наносфери у 2003-2006 рр., млн. дол. США⁴.

За останні п'ять років для всіх країн світу державне фінансування у наносферу в середньому збільшилося у 5 разів. Більше 40 % загальносвітових інвестицій належить США, спостерігається підвищення інвестиційної активності в ЄС - 15, Японії – більше 25 %. У 2006 р. з розрахунку на душу населення

⁴ Джерела інформації: Jill Jusko Nanotechnology Commercialization Efforts Continue, 2006 Nanotech Report – 4, Lux Research.

інвестовано у наносферу: США — 5,42 дол., Південною Кореею — 5,62, Японією — 6,3, Тайванем - 9,4 дол. США (рис. 4.2) [29;31].

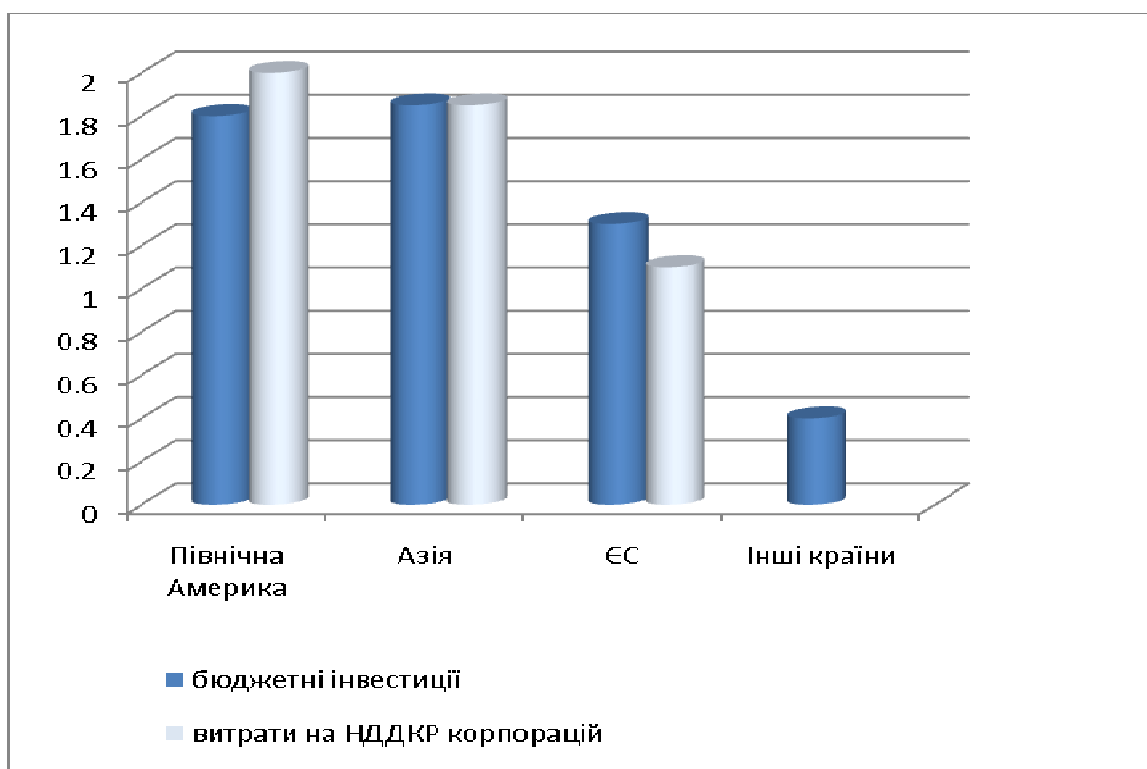


Рис. 4.2 Бюджетне і корпоративне фінансування наносфери за регіонами світу у 2005 р., млрд.дол. США⁵.

Слід зазначити, що феноменом у цій сфері є те, що витрати корпорацій на нанодослідження зростають швидше, ніж бюджетні інвестиції в нанотехнології. При цьому в США вони перевищують, а в країнах Азійсько-Тихоокеанського регіону знаходяться на рівні бюджетних інвестицій. Ці тренди сформовано в умовах, коли ринок знаходиться на початковій стадії розвитку, а основна частина фундаментальних і прикладних досліджень проводиться державним сектором науки.

Урядові структури більше ніж 50 країн світу, усвідомлюючи роль, яку будуть відігравати нанотехнології в ХХІ ст., розробили національні програми. Ці програми є національними стратегіями щодо формування збалансованої й адаптивної секторальної інноваційної системи у наносфері, підтримки пріоритетних нанодосліджень і прискорення комерціалізації НДДКР реальним сектором економіки. Всі країни світу виділяють значні ресурси на формування людського капіталу, розвиток наукового потенціалу й заповнення інституціональних прогалин у секторальній інноваційній системі з метою прискорення трансферу й комерціалізації наукових досліджень,

⁵ Джерела інформації: Nanotechnology: Where Does US Stand, 2005; Thomas Heinze Emergence of Nano S&T in Germany, 2006, memo.

виведення наукових результатів на світовий ринок і зайняття окремих його сегментів [29]. Розподіл світового наноринку наведено на рис. 4.3).

У більшості країн на національному рівні створено спеціальні міжвідомчі органи у сфері нанотехнологій, членами яких є як посадовці, так і незалежні експерти. Більшість таких органів створено у складі національних міністерств з питань науки і технологій за участю економічних відомств і міністерств охорони навколишнього середовища. Крім того, створено дорадчі, консультативні й координуючі органи при президенті або прем'єр-міністрі.

У листопаді 2005 р. Міжнародна організація зі стандартизації (ISO) утворила Технічний комітет 229 - Нанотехнології (ISO/TS 299), до функцій якого входить розробка міжнародних стандартів з нанотехнологій за трьома основними групами: термінологія та номенклатура, метрологія та визначення параметрів, вплив на здоров'я, безпеку і навколишнє середовище. Також в обов'язки цього комітету входить стандартизація методів тестування фізичних, хімічних, структурних і біологічних властивостей наноматеріалів і наноустаткування.

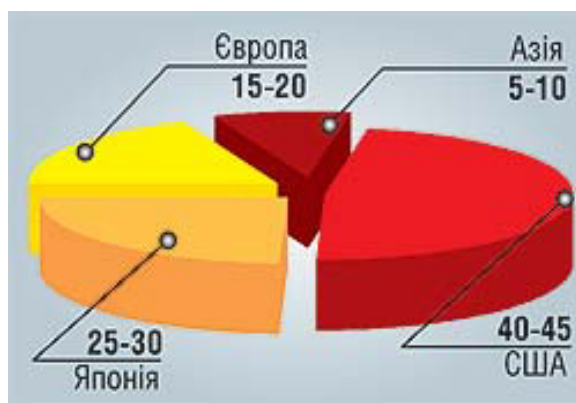


Рис. 4.3 Розподіл світового ринку нанотехнологій, %.

Можна виділити такі типи схем координації наукових досліджень і розробок у наносфері:

- створення центрального координуючого органу, затвердженого відповідними законодавчими і нормативно-правовими документами, у яких визначено механізми фінансування і підтримки розвитку нанотехнологій;
- фінансування наносфери із застосуванням існуючих механізмів із формуванням консультативного органу у складі уряду.
- фінансування наносфери через окремі національні міністерства й агентства у рамках національної програми розвитку нанотехнологій.

Так, у 2001 р. у **США** прийнято пріоритетну довгострокову комплексну програму **Національна нанотехнологічна ініціатива** (NNI) та розглядається як ефективний інструмент, здатний забезпечити лідерство США у цьому напрямі у першій половині поточного століття.

Бюджетне фінансування цієї програми збільшилося у 2003 р. у порівнянні з 2000 р. в 2,5 рази й досягло 710,9 млн. дол., на чотири роки,

починаючи з 2005 р., виділялося ще близько 4 млрд. дол.; протягом 2009-2011 рр. федеральне фінансування перевищує 1,7 трлн. дол. щорічно. Кількість федеральних агентств, що беруть в ній участь, збільшилася протягом 2000-2010 рр. з 6 до 25, а агентств, що інвестують діяльність у рамках програми, - з 6 до 15. В 2003 р. прийнято акт про дослідження й розвиток нанотехнологій в ХХІ ст. (Аналіз реалізації заходів програми – далі у розділі 5).

Аналогічні програми запроваджено *Європейським Союзом, Японією, Китаєм, Південною Кореєю, Бразилією* й рядом інших країн [29].

У 2005 р. Міністерство економіки, торгівлі й промисловості *Японії* ініціювало розробку *Стратегії розвитку нанотехнологій* і проведення низки досліджень, орієнтованих на виявлення слабких і сильних позицій японської промисловості, бар'єрів, що виникають при комерціалізації нанотехнологій. У рамках *Японської ініціативи бізнесу в наносфері (NBCI)* в 2003 р. розроблено дорожню карту нанотехнологій для бізнесу, що включає вісім стратегічних напрямів: електроніка, каталізатори/матеріали, метрологія/інструмент, біомедицина, промисловість, авіакосмічна сфера, енергетика (fuel cells), навколишнє середовище. Розробка дорожньої карти координувалася NBCI, здійснювалася бізнес-співдружністю у взаємодії з урядом та академічними колами [29; 31].

У бюджеті Японії на розвиток наносфери на 2005-2008 рр. передбачено 3 млрд. дол. США.

Паралельно із проведенням науково-дослідних робіт практичні японці розпочали будівництво підприємств для виробництва наноматеріалів.

Так, компанії "Міцубісі кемікл корп." і "Міцубісі корп." спільно створили нову компанію "Фронтієр карбон корп.", покликану здійснювати масове виробництво фулеренів, спочатку із продуктивністю 400 кг, а до 2007 р. - 1,5 т на рік. Першочерговими споживачами фулеренів є фармакологічні компанії та компанії із виробництва електричних батарей. Компанія "Міцубісі енд К" буде завод з виробництва нанотрубок із щорічним випуском продукції в обсязі 120 т переважно для автомобільної галузі. Крім того, в Японії в наносфері працює близько 100 венчурних компаній.

Європейський Союз обрав напрям розвитку науково-технологічного потенціалу шляхом інтеграції зусиль усіх країн-членів і залучення третіх країн. Механізмом інтеграції стали *6-та і 7-ма Рамкові програми*, у бюджеті яких на розвиток нанотехнологій і наноматеріалів передбачено відповідно 1,3 і 3,5 млрд. євро.

Слід зазначити, що у 7-й Рамковій програмі обсяги асигнувань на розвиток нанотехнологій потроєно і виділено окремою статтею. Європейська комісія щорічно інвестує в наносферу близько 870 млн. євро, тобто у порівнянні з 6-ю Рамковою програмою інвестиції збільшилися в 2,7 рази. Для порівняння – обсяги асигнувань, призначені для розвитку енергетики у рамках 7-ї Рамкової програми, становлять 2400 млн. євро, тобто майже в 1,5 рази є меншими обсягів фінансування сфери нанотехнологій.

Усвідомлюючи важливість нанотехнологій для забезпечення конкурентоспроможності й безпеки в Європі, Європейська Комісія ініціювала розробку *Європейської стратегії розвитку нанотехнологій до 2013 року*. 12 травня 2004 р. Комісією схвалено документ Towards a European Strategy for Nanotechnology, в якому поставлені на порядок денний наступні ключові проблеми:

- збільшення інвестицій в НДДКР і поліпшення координації НДДКР, що здійснюються країнами-членами ЄС, з метою забезпечення їх переваги й конкурентоспроможності у наносфері;
- створення наукової інфраструктури світового рівня (полісів переваги), яка б враховувала потреби наукових організацій і промисловості;
- підтримка міждисциплінарності при підготовці кадрів для наносфери;
- формування преференцій для промислових наноінновацій;
- розробка і реалізація заходів для забезпечення безпеки споживачів нанопродукції й нанопослуг і екологічної безпеки.

Рада з питань конкурентоспроможності ЄС, беручи за основу завдання і стратегічні напрями, сформульовані в Європейській стратегії розвитку нанотехнологій, розробила план дій, який було схвалено в 2005 р. і видано під назвою Nanoscience and Nanotechnology: An Action Plan for Europe 2005-2009. У цьому плані розмежовано заходи, прийняті й реалізовані Європейською комісією та країнами-членами ЄС.

Стосовно підтримки НДДКР планом дій передбачено подвоєння витрат на розвиток нанотехнологій у 7-й Рамковій програмі, розробку спеціальних заходів з метою розвитку нанoeлектроніки та створення Європейської технологічної платформи в нанoeлектроніці, а також ряд заходів для посилення Європейської технологічної платформи в наномедицині й, нарешті, підтримку кооперованих НДДКР для виявлення можливого негативного впливу нанотехнологій на навколишнє середовище й здоров'я людини.

За напрямом розвитку інфраструктури передбачено картирування існуючої інфраструктури, особливу увагу передбачено приділити розвитку промислової інфраструктури й інфраструктури для підтримки малих і середніх підприємств. Акценти буде зроблено на формуванні мереж і полісів переваги. Для створення "людського капіталу" передбачено забезпечити поширення передового досвіду щодо підготовки кадрів для нанонауки і nanoіндустрії, підтримку програм підготовки кандидатів і докторів наук, а також заснувати спеціальну міждисциплінарну європейську нагороду у наносфері.

З метою підтримки промислових інновацій планом дій передбачено приділити особливу увагу дослідженню ринкових, соціальних, політичних, психологічних бар'єрів, що перешкоджають освоєнню наноінновацій і розвитку наноринку, зміцненню партнерства держави та приватного сектору.

Особливу увагу буде приділено малим підприємствам на стартовій стадії. Передбачається створити інтернет-бібліотеку, де буде накопичуватися інформація про публікації, патенти, дослідницькі проекти, організації і

наноринки. Нарешті, для підтримки промислових інновацій передбачено створити систему моніторингу патентів і приведення європейської практики патентування у відповідність із практикою патентування нанотехнологій у США.

Координатором процесу становлення і розвитку нанотехнологій в Європі є створена у 2002 р. некомерційна організація Європейська асоціація нанобізнесу, основною метою якої є сприяння розвитку конкурентоспроможної європейської промисловості, що базується на використанні нанотехнологій. До функцій Європейської асоціації нанобізнесу входить також забезпечення професійного розвитку нанобізнесу в Європейському Союзі.

У 2005 р. урядова підтримка розвитку цієї сфери *в країнах Європи* становила 1,3 млрд. дол. США, а фінансування приватними компаніями - 0,7 млрд. дол. США [31]. Бюджетне фінансування наносфери країнами ЄС показано на рис. 4.4.

На відміну від США, де реалізується NNI, європейські країни обрали стратегію незалежного розвитку у наносфері. Так, у *Великобританії* за розвиток нанотехнологій відповідає Рада із фізико-технічних досліджень

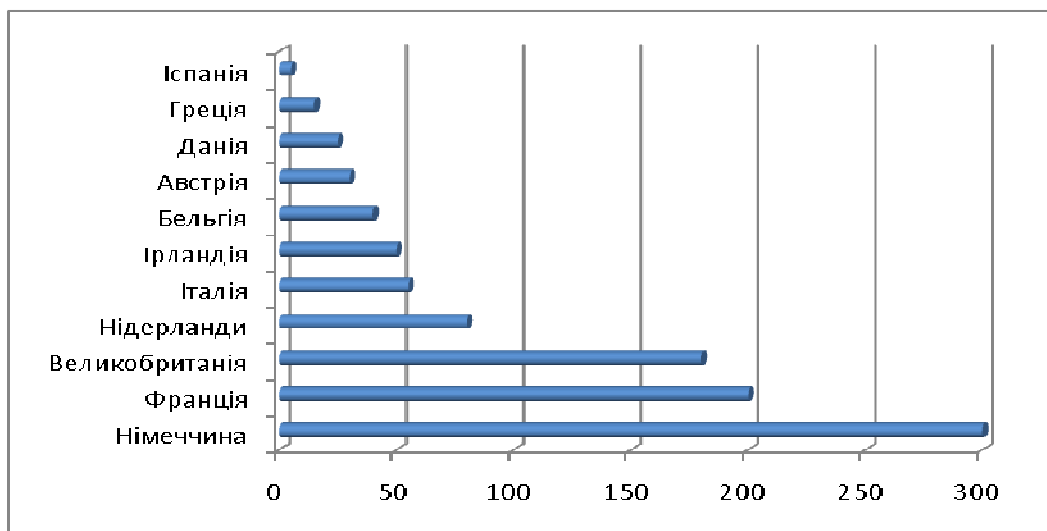


Рис. 4.4 Бюджетне фінансування наносфери країнами-членами ЄС, млн. євро⁶.

(EPSRC), яка щорічно виділяє на нанодослідження кошти в обсязі 7 млн. дол. Національною фізичною лабораторією розроблено програму - *Національну ініціативу з нанотехнологій*, якою визначаються напрями і структура нанодосліджень.

Стратегічні плани розвитку і фінансування інновацій та нанотехнологій *в Фінляндії* формуються та контролюються Державною радою з питань науки і технологій (STPC). Частка приватного сектору в розвитку і фінансуванні НДДКР з нанотехнологій становить 60 %. Нанодослідження у

⁶ Джерело інформації: Нанотехнології: Форсайт, під редакцією Н.В. Гапоненко. М., 2006.

Фінляндії спрямовано на розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, біотехнологій, мікроелектроніки, захист навколишнього середовища.

У Швеції нанодослідження та їхнє фінансування становить близько 10 млн. дол. США на рік. Крім того, корпорація Angstrom Consortium виділяє 800 тис. дол. на рік для реалізації спеціальної програми створення нанопокриттів. П'ять великих промислових організацій Швеції здійснюють НДДКР за різними напрямками розвитку нанотехнологій і співпрацюють із спеціалістами вищих навчальних закладів з цих питань.

Лідери ЄС – Франція і Німеччина також демонструють особливі підходи до розвитку наносфери. Стратегію розвитку нанотехнологій **у Франції** визначає Національний центр наукових досліджень (CNRS), який реалізує програму досліджень нанопорошкових матеріалів. На ці цілі виділяється щорічно 40 млн. дол. Діяльність CNRS спрямовано на інтенсифікацію наукового обміну шляхом укладання міжнародних угод та підтримки традиційних наукових контактів.

У Німеччині нанотехнологічні дослідження розпочато ще у 80-х роках ХХ ст., а у 1998 р. їм надано статусу окремої федеральної програми із самостійною інфраструктурою й власним бюджетним фінансуванням. З 2006 р. у рамках "Стратегії високих технологій" діє галузева інноваційна програма "Наноініціатива 2010".

Розвиток наносфери в Німеччині підтримується Федеральним міністерством освіти та досліджень, яке виділяє на ці цілі 50 млн. дол. на рік. Так, міністерством профінансовано розробку наноелектронних приладів, призначених для підвищення безпеки автомобілів. Для реалізації проєктів KASS і AUTOSAFE виділено 11,4 млн. євро на 3 роки з метою розробки "віртуального водія" для критичних ситуацій. Фінансувалася також розробка напівпровідникових технологій для нових наноелектронних тривимірних чипів.

Найбільшою приватною компанією Німеччини, що впроваджує інноваційні проєкти, є Garching Innovation, основною діяльністю якої є трансфер технологій, розроблених Науковим товариством ім. Макса Планка (аналог НАН України). Компанія є посередником між науковою спільнотою та промисловістю. До завдань Garching Innovation входить пошук перспективних ноу-хау, зокрема нанотехнологій, оформлення патентів і доведення їх до продажу промисловим підприємствам Німеччини і за кордоном [32]. (Аналіз розвитку наносфери у Німеччині – див. розділ 5).

Законодавство, яке регламентує розвиток наносфери в країнах Європи, спрямовано на:

- регулювання виробництва нанопродуктів та виводу їх на ринок;
- забезпечення охорони здоров'я людини;
- забезпечення якості і безпеки нанопродуктів;
- визначення характеристик придатності нанотехнологій для споживачів;
- контроль стану навколишнього середовища у результаті застосування нанотехнологій;

- забезпечення утилізації використаних нанопродуктів.

Законодавство відповідно до життєвого циклу нанопродуктів складається з восьми частин:

- 1) наукові дослідження та розробки;
- 2) виробництво наноматеріалів;
- 3) постачання наноматеріалів;
- 4) використання наноматеріалів у якості сировини або всередині інших речовин для виробництва товарів;
- 5) постачання та продаж кінцевих нанопродуктів;
- 6) комерційне та промислове використання нанопродуктів;
- 7) використання нанопродуктів на споживчому ринку;
- 8) кінцеве призначення нанопродуктів [33].

У лютому 2006 р. Європейською комісією завершено формування звіту з питань регуляторного законодавства щодо охорони та безпеки життя людини у зв'язку з використанням нанотехнологій. У звіті визначено, за умов швидкої трансформації наноринку регуляторне середовище потребує не лише внесення докорінних змін в існуючі законодавчі документи, а й введення в дію нових регуляторних актів.

У цілому європейське законодавство орієнтовано на виявлення та усунення ризиків, пов'язаних із виробництвом наночасток, а також потенційних ризиків у процесі впровадження нанотехнологій, спрямованих на захист здоров'я людини і навколишнього середовища. У звіті наголошено на необхідності на законодавчому рівні оперативно вживати заходів щодо усунення регуляторних розбіжностей щодо захисту здоров'я людини та навколишнього середовища від потенційних ризиків у процесі розробок та впровадження нанотехнологій [33].

У 1990 р. Міністерство науки і технологій *Китаю* схвалило десятирічну програму щодо підтримки НДДКР. Основними структурами, що фінансують розвиток нанотехнологій, визначено Академію наук Китаю, Національний науковий фонд у сфері природничих наук, Міністерство науки і технологій і Міністерство освіти. В 2000 р. створено Національний комітет із нанотехнологій, завданням якого є планування, координування та консультування нанопроєктів національного рівня. П'ятирічна Національна програма розвитку нанотехнологій була розроблена в 2001 р. і мала бюджет в 240 млн. дол. США. Результатом державних зусиль стало швидке зростання кількості патентів (за цим показником Китай займає третю позицію у світі) і збільшення у 2,5 рази кількості компаній, що виконують НДДКР та виготовляють нанопродукти, і майже у 2 рази - кількості наукових організацій у наносфері.

Стратегічними цілями розвитку наносфери до 2010 р. в КНР визначено:

- фокусування НДДКР на таких напрямках, як наноелектроніка, нанобіотехнологія, наномедицина, наноматеріали. Розширення й зміцнення мереж наукових організацій. Створення секторальної інноваційної системи у наносфері;

- подолання критичних технологічних бар'єрів за напрямками, що є найважливішими для комерційного застосування результатів нанодосліджень, серед яких: наноматеріали, мікрокомп'ютери й інформаційні системи, навколишнє середовище, джерела енергії, біологія й сільське господарство, космічні проекти і авіація, національна оборона, медицина;

- акумулювання зусиль експертів різних галузей, щоб перетворити нанотехнології в основу китайської промисловості.

При цьому значну частину державних НДДКР орієнтовано на військово-промисловий комплекс. Крім того, урядом Китаю затверджено стратегію створення технологій подвійного призначення.

У *Південній Кореї* в 2001 р. розроблено *Національну програму розвитку нанотехнологій*, яка діятиме до 2011 р. із бюджетом близько 2 млрд. дол. США. Її реалізує Міністерство науки і технологій Кореї. Завданням програми є входження Кореї в десятку світових лідерів за рядом нанотехнологій, а за деякими технологіями - у п'ятірку лідерів. Програма фінансується урядом Кореї та приватним сектором, причому з бюджетних коштів на її реалізацію передбачено виділити 855 млн. дол. США і близько 436 млн. - приватним сектором. Ресурси програми виділяються на розвиток нанодосліджень, інфраструктури і формування людського капіталу. Фінансування НДДКР та часткове інвестування розвитку інфраструктури здійснюється через Міністерство науки й технологій і Міністерство торгівлі, промисловості й енергетики.

Національна рада з науки *Тайваню* ініціювала розробку *Національної програми у сфері нанотехнологій на період 2003-2008 рр.*, яка була розроблена у 2001 р. і схвалена в 2003 р. із загальним бюджетом близько 633,8 млн. дол. США, причому близько 60 % бюджетних коштів спрямовано на розвиток промислового потенціалу, решта - розвиток наукових досліджень і формування "людського капіталу".

Програма включає три основні блоки:

1) програма академічної переваги, в рамках якої здійснюється підтримка фундаментальних досліджень за сімома напрямками;

2) програма індустріалізації;

3) розвиток інфраструктури й формування "людського капіталу".

До 2010 р. обсяг нанопродуктів, виготовлених на Тайвані, оцінювався у 29 млрд. дол. США, що складає 3 % обсягу світового наноринку.

Тайвань є прикладом реалізації кластерного підходу до розвитку нанотехнологій. У 2003 р. Науково-дослідний інститут промислової технології, що є відповідальним за розвиток нанотехнологій, розпочав формування оперативних груп, метою яких стало створення кластерного середовища для фірм-учасниць. В оперативні групи входять промислові підприємства, націлені на використання нанотехнологій (для них участь є платною). При цьому розрізняються два типи учасників - звичайні й VIP-учасники (VIP-учасники платять за членство в групі в чотири рази більше і мають право замовляти в науково-дослідних лабораторіях розробку необхідних для них нанотехнологічних рішень).

В провінції Тайчжун Тайваню розміщується науково-промисловий парк, що спеціалізується на нанотехнологіях. Ідея парку полягає в концентрації на його території промислових підприємств, орієнтованих на використання нанотехнологічних результатів. Інвестиції у розвиток парку становлять близько 900 млн. дол. США, кількість зайнятих - 50 тис. чол. Основними галузями застосування результатів нанодосліджень і нанорозробок є прецизійне машинобудування, біотехнології, засоби зв'язку, оптоелектроніка.

Країни Америки суттєво відстають у цій сфері від США, ЄС і країн Азійсько-Тихоокеанського регіону. Усвідомлюючи важливість нанотехнологій як основи науково-технологічного розвитку в XXI ст., вони уживають конкретних заходів для акумулювання ресурсів державного сектора і корпорацій для формування і розвитку наукового потенціалу, кооперуючись при цьому з більш просунутими країнами, насамперед із США.

Уряд *Бразилії* в 2001 р. включив нанотехнології до переліку національних пріоритетів. Урядові ініціативи орієнтовано на створення дослідницьких мереж і розвиток інформаційного ресурсу. У результаті цих зусиль почали діяти чотири дослідницькі мережі, що одержують фінансову підтримку від Міністерства науки і технологій. Створено два віртуальних інститути з питань розвитку наносфери. В 2004 р. обсяг бюджетних асигнувань на розвиток нанотехнологій становив 7 млн. дол. США.

На 2005-2006 рр. розроблено *Національну програму розвитку нанотехнологій* із бюджетом у 30 млн. дол., участь в якій взяли п'ять національних дослідницьких інститутів і близько 70 державних і приватних університетів. Бюджетні асигнування виділялися в основному на фінансування фундаментальних досліджень і створення мереж. Крім того, Бразилія одержує фінансову підтримку від Всесвітнього банку реконструкції та розвитку для діяльності 15 мілєннїум-центрів. Один із центрів працює безпосередньо в сфері нанотехнологій, а діяльність центру мікроелектроніки і центру матеріалознавства водночас з іншими центрами спрямовано на виконання нанодосліджень.

В *Аргентині* розроблено *Стратегію розвитку нанотехнологій до 2015 р.*, презентовану Комісії з технологій Аргентинського конгресу у 2005 р. Уряд Аргентини інвестує в розвиток нанотехнологій 10 млн. дол. США. Бюджетні асигнування розподіляються через Аргентинський фонд нанотехнологій, заснований в 2005 р. У 2008 р. у рамках реалізації Стратегії виділено 1,7 млн. дол., розпочато виробництво й комерціалізацію НДДКР у США. Для цих цілей підписано угоду з компанією Lucent Technology.

У *Мексиці* 13 наукових центрів і лабораторій проводять нанодослідження і нанорозробки. У 2003 р. Національною радою з питань науки і технологій виділено 12,5 млн. дол. США на реалізацію 62 проєктів. Крім того, мексиканським урядом разом із приватним сектором ухвалено рішення щодо виділення 18 млн. дол. США на створення національної нанолабораторії в Національному інституті астрофізики, оптики та

електроніки. Створення лабораторії фінансувалося Національною радою з питань науки і технологій, іншими федеральними установами та компанією Motorola.

Серед країн Африки і Близького Сходу найбільш просунутою країною щодо розвитку наносфери є **Ізраїль**. У 2001 р. Міністерством торгівлі й промисловості та Академією наук Ізраїлю розроблено **Національну ініціативу щодо розвитку нанотехнологій**. Створено спеціальний комітет, під егідою якого досліджено можливості розвитку нанонауки і освоєння результатів НДДКР реальним сектором економіки.

У Національній ініціативі визначено ключові цілі: створення національної промисловості, що базуватиметься на нанотехнологіях (ця мета вважається основою економічного зростання країни); формування довгострокової програми розвитку нанонауки і створення наукової інфраструктури, що відповідає світовому рівню.

За 2001-2005 рр. бюджетні асигнування на розвиток нанотехнологій в Ізраїлі становили 45 млн. дол. США і спрямовувалися головним чином на створення центрів та їхнє оснащення першокласним наноустаткуванням. При університетах Ізраїлю створено 6 центрів для проведення нанодосліджень.

Програму розвитку нанотехнологій Південної Африки започатковано у 2003 р. Її завданням стало об'єднання зусиль різних установ і організацій для розвитку наносфери за напрямками, у яких Південна Африка має переваги. Стартовий бюджет програми становив 1,3 млн. дол. США. Загальні витрати на розвиток нанонауки оцінено в 3 млн. дол. До виконання програми залучено 11 університетів, 5 науково-дослідних організацій і 10 приватних компаній.

2007 р. став знаменним для **Російської Федерації** - відбулися реальні зміни у ставленні органів державної влади до розвитку наносфериг. Президентом країни В. Путіним проголошено стратегічну лінію на створення вітчизняної наноіндустрії – підписано федеральний закон "Про Російську корпорацію нанотехнологій", яка покликана впроваджувати нанотехнології у виробництво. **Державною програмою розвитку наноіндустрії до 2015 року** визначено близько 100 перспективних напрямів діяльності цієї галузі. Для їхнього розвитку відповідною федеральною цільовою програмою (ФЦП) у бюджеті на 2008–2010 рр. було передбачено фінансування на суму понад 180 млрд. руб. Державою щорічно здійснюється фінансування (на конкурсній основі) близько 30 великих технологічних проектів, які реалізуються консорціумами наукових, освітніх і виробничих організацій. Таким чином, російський уряд вживає радикальних заходів щодо фінансової підтримки наносфери. За словами В. Путіна, обсяги фінансування нанотехнологій можуть бути порівнянні із загальними фінансування російської науки у цілому.

В РФ існують серії спеціальних програм. У першу чергу це ФЦП, які реалізує Міністерство освіти і науки. Основна з них — "Дослідження й розробки за пріоритетними напрямками розвитку науково-технологічного

комплексу Росії на 2007-2012 рр.", у рамках якої, зокрема, фінансується такий напрям, як "Індустрія наносистем і матеріали". Програма розрахована на 5 років з обсягом інвестування понад 100 млрд. руб. (близько 4 млрд. дол. США). Крім того, Міністерством промисловості й енергетики, Міністерством оборони РФ реалізуються серії федеральних цільових програм, у рамках яких передбачено розробки у наносфері. Комплекс програм впроваджується також Росатомом і Роскосмосом [31]. (Аналізу розвитку наноіндустрії в РФ присвячено розділ 5).

На сьогодні **основний напрям нанодосліджень і нанорозробок** у лідируючих країнах світу майже повністю **змістився із вивчення і застосування нанокристалічних речовин і матеріалів до сфери нанотехнологій**, тобто створення виробів і пристроїв з нанорозмірними елементами. **Основними галузями застосування нанорозмірних елементів**, за даними зарубіжних експертів, – **є електроніка, медицина, хімічна фармацевтика й біологія** [29].

На жаль, в Україні на сьогодні є відсутньою стратегія розвитку наносфери і відповідна національна програма. **Україна не входить із власними результатами до міжнародних порівняльних показників** [33].

4.2 Тенденції розвитку наноринку

Нанотехнології мають значний вплив на розвиток світової економіки, тому обсяги наноринку є індикатором для визначення їхньої економічної значимості. Водночас нанотехнології не належать до конкретної галузі промисловості, яку нескладно ідентифікувати і визначити кількісно. Нанотехнології сприяють поліпшенню якостей і властивостей продуктів різних галузей і виробництву абсолютно нових видів продуктів [23].

Більшість ринкових прогнозів розвитку нанотехнологій бере початок з ранніх 2000-х з періодом часу аж до 2015 р. Найбільш відомим є прогноз Національного наукового фонду США (NSF), яким у 2001 р. встановлено, що вартість світового ринку нанопродуктів у 2015 р. досягне 1 трлн. дол. США; інші прогнозні показники – 150 млрд. у 2010 р. (Mitsubishi Institute, 2002) і 2,6 трлн. – у 2014 р. (Lux Research, 2004). Останній найбільш оптимістичний сценарій передбачає, що ринок продуктів, заснований на нанотехнологіях, буде більшим, ніж прогнозований ринок інформаційних і комунікаційних технологій, і перевищить майбутній ринок біотехнологій у 10 разів (рис. 4.5).

За розрахунками, проведеними аналітиками BCC Research у 2010 р., обсяг продажу продуктів нанотехнологій у 2009 р. склав 11,67 млрд долл, а у 2015 р. цей показник досягне 26 млрд. долл з щорічними темпами зростання у 11,1%. У звіті аналітиків фігурують лише специфічні продукти нанотехнологій - наноматеріали, наноприлади і наноінструменти – на відміну від попередніх прогнозів, в яких враховувався продаж усіх товарів.

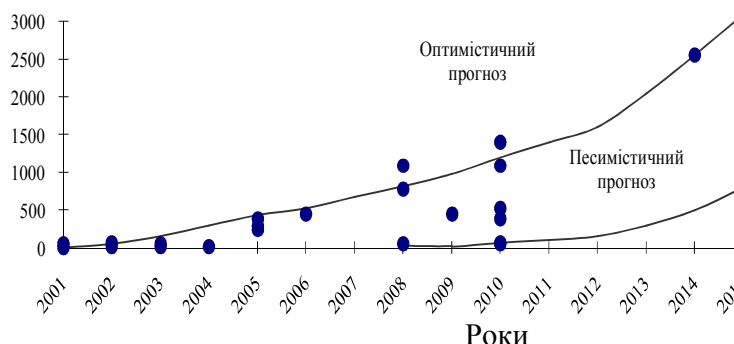


Рис. 4.5 Прогнози розвитку світового наноринку, млрд. дол. США⁷.

Слід зазначити, що прогнози відрізняються один від одного, але підтверджують значне збільшення ринку нанопродуктів за умови економічного зростання на початку 2010 р.

Більш докладний аналіз проведено Lux Research і NSF (з розбивкою нанопродуктів за напрямками (галузями) нанотехнологій (рис. 4.6).

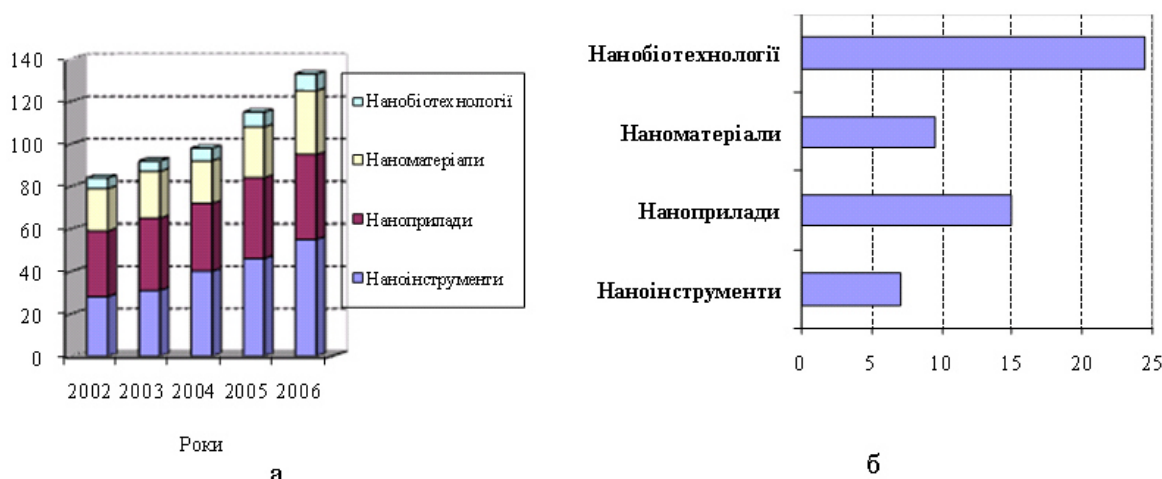


Рис. 4.6 Світовий ринок нанотехнологій, млрд. дол. США:
а - аналіз за 1999-2003 рр.⁸; б - очікуваний розподіл 1 трлн.
частки світового ринку в 2015 р.⁹.

За результатами аналізу Lux Research і NSF ринок нанопродуктів, наноприладів і нанобіотехнологій у 2004-2005 рр. відповідав найбільшим часткам світового ринку (приблизно 420 і 415 млн. дол. США). Наноматеріали і наноінструменти становили невелику частку – 145 і 150 млн. дол. США. Згідно з прогнозами на 2015 р. очікувалося значне збільшення частки всіх сегментів ринку, наприклад, для наноматеріалів – до 340 млрд. дол. США. Частка наноелектроніки становитиме 300 млрд. дол. США,

⁷ Джерела інформації: German Government, Evolution Capital, NSF 2001, Evolution Capital 2001, Sal. Oppenheim 2001, DG Bank 2001, DTI 2001, US, Nanobusiness Alliance 2001, Cientifica 2002, In Realis 2002, Mitsubishi Research Institute 2002, Deutsche Bank 2003, Nomura Research Institute 2003, BCC 2004, GEMZ corp. 2004, Helmut Kaiser Consultancy 2004, Lux Research 2004.

⁸ Джерело інформації: Lux Research 2004.

⁹ Джерело інформації: NSF 2001.

перевищуючи частки фармацевтичної, хімічної й авіакосмічної промисловості.

Проте будь-які порівняння фактичних даних із прогнозними, отриманими з різних джерел, не можуть претендувати на абсолютну точність. Найбільш точним виявився прогноз, що охоплював період – 2002-2006 рр. (рис. 4.7).

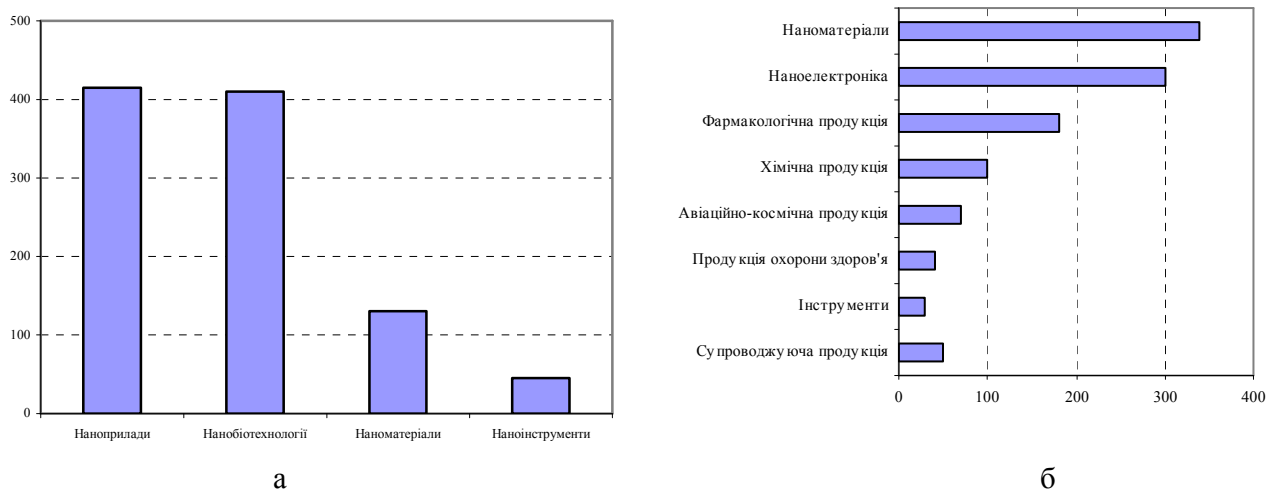


Рис 4.7 Прогнози розвитку світового наноринку:

а - для різних напрямів (галузей) нанотехнологій, млрд. дол. США;
б - середньорічний приріст у 2002-2006 рр., % [32-33].

Аналіз показує, що наноінструменти відігравали найбільш значну роль на світовому ринку, хоча темпи їхнього приросту були мінімальними. Рівень розвитку сегментів ринку наноприладів і наноматеріалів був швидше низьким, ніж високим. При цьому спостерігалися більш значні темпи приросту наноприладів. На противагу вищенаведеній інформації, за даними Lux Research, сегмент нанобіотехнологій становив мізерну частку ринку, але вона значно збільшуватиметься у подальшому.

Ринок наноматеріалів може бути розподілено на більш-менш важливі сегменти (із приблизно 2010 існуючих видів матеріалів), серед яких наночастки, нанопокриття і горизонтальні наноструктури, вартість яких становитиме 300 млрд. євро. Ці цифри дуже близькі до оцінок NSF – 340 млрд. дол. США у 2015 р. Крім того, можна припустити, що наноматеріали сприятимуть розвитку наноринків у майбутньому.

Цей висновок підтверджується дослідженнями інших експертів [33], якими встановлено, що станом на 2002 р. сегмент наноматеріалів, що включав у себе композитні матеріали з вуглецю, каталітичні матеріали, наночастки, які використовуються в індустрії оптичних сполук, становив 97,5 % загального обсягу продажу на наноринку. У 2008 р. частка ринку наночасток зменшилася до 74,7 %. У той ж час частка ринку наноінструментів зросла до 4,3 % (1,2 млрд. дол. США), а наноустаткування - до 21 % (6 млрд. дол. США).

Дослідженнями BCC Research у 2010 р. встановлено, що наноматеріали у 2009 р. стали найбільш значним сегментом нанотехнологій — їх вклад у ринок становив 9,027 млрд долл. До 2015 р. обсяг продажу наноматеріалів досягне 19,6 млрд долл з щорічними темпами зростання у 14,7%. Сегмент nanoінструментів зайняв друге місце за обсягами продажів — 2,613 млрд долл. До 2015 р. продажі nanoінструментів досягнуть 6,8 млрд долл. Найбільш швидкозростаючим сегментом стануть nanoприлади. У 2009 р. обсяг їхнього продажу становив усього 31 млн долл., але щорічні темпи продажу nanoприладів становитимуть 46% і у 2015 р. досягнуть 233,7 млн долл.

На цей час існує понад 3000 споживчих та промислових нанопродуктів, що користуються попитом на світовому ринку. Щорічне зростання обсягу їх продажу прогнозується на тривалий час на рівні 173 %. До 2015 р. вартість вироблених у світі товарів на основі нанотехнологій збільшиться до 15 % від сукупного світового ВВП, причому ємність наноринку перевищуватиме у 10 разів ємність ринку біотехнологій і дорівнюватиме сумарній ємності ринків інформаційних технологій та телекомунікацій. ***Споживачами нанопродуктів за поточними прогнозами будуть такі галузі: авіакосмічна — 70 млрд. дол. США, хімічна промисловість — 100, фармацевтична — 180, напівпровідникова промисловість — 300, nanoіндустрія — 340 млрд. дол. США [33].***

Трифазна модель, запропонована Lux Research (2004), відтворює найбільш повні й складні перспективи розвитку наноринку. Для першої фази моделі (до 2004 р.) характерним був розвиток нанотехнологій, які використовувалися у високотехнологічних продуктах. Наступна фаза (до 2009 р.) охоплює нанотехнологічні нововведення: на цьому ринку домінуватиме наноелектроніка. У третій фазі (з 2010 р. і в подальшому) застосування нанотехнологій стане звичайним явищем при виробництві засобів охорони здоров'я, фармацевтичних продуктів і медичних пристроїв [34].

Нанобіотехнології значною мірою сприятимуть розвитку фармацевтичної промисловості. За оцінками Lux Research (2004), частка ринку нанопродуктів становитиме 4 % від усіх вироблених продуктів у 2014 р., з 100 % нанотехнологій – в персональних комп'ютерах, 85 - у побутовій електроніці, 23 - у фармакології й 21 % - в автомобілебудуванні [34].

Прогноз глобальних обсягів продаж продуктів, виготовлених на основі нанотехнологій (рис. 4.8), показує, що ***найбільш важливим регіоном щодо обсягів продажу нанопродуктів після США і Європи є Азія і країни Тихоокеанського регіону.*** У той час як в Європі спостерігається невелике, але постійне збільшення частки продаж, у США – після зменшення її до 2008 р. прогнозується збільшення – до 2014 р.

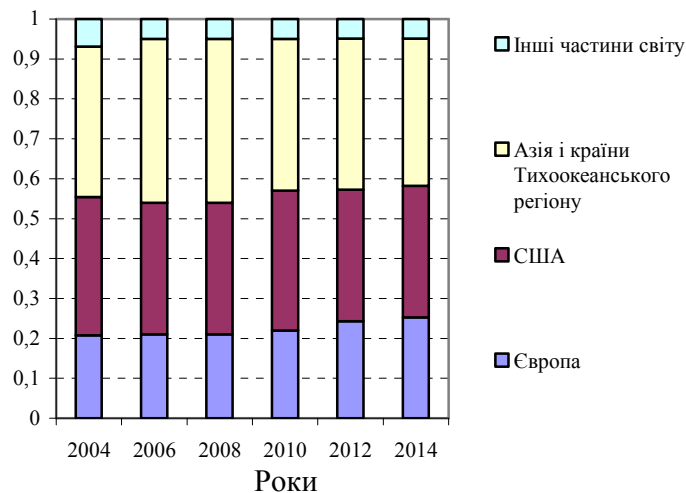


Рис. 4.8 Прогноз глобальних обсягів продаж нанопродуктів за регіонами світу¹⁰.

Частка продаж нанотехнологій у країнах Азії й Тихоокеанського регіону зазнає протилежних змін. Lux Research пояснює такий стан справ, посиляючись на трифазну модель удосконалення нанотехнологій: у найближчому майбутньому на світовому ринку будуть домінувати продукти переважно великих азійських компаній, зокрема: персональні комп'ютери, мобільні пристрої й транспортні засоби. Прогнозується, що після 2008 р. фармацевтичні компанії США стануть більш сильними і домінуватимуть на наноринку.

4.3 Державне й приватне фінансування нанодосліджень і нанорозробок

1 Державне фінансування нанотехнологій. Національна нанотехнологічна ініціатива США у 2001 р. започаткувала глобальну гонку науково-дослідницьких програм у наносфері провідних світових економік. Про це свідчать обсяги фінансування НДДКР окремими країнами світу в 2004 р. (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Фінансування НДДКР у наносфері, тис. євро*

США (федеральний бюджет)	Австралія	62,000	Фінляндія	14,500	Індія	3,800
910,000	Бельгія	60,000	Австрія	13,100	Малайзія	3,800
Японія 750,000	Італія	60,000	Іспанія	12,500	Румунія	3,100
Єврокомісія 370,000	Ізраїль	45,000	Мексика	10,000	Південна	
США (бюджет штатів) 333,300	Нідерланди	42,300	Нова Зеландія	9,200	Африка	1,900
Німеччина 293,100	Канада	37,900	Данія	8,600	Греція	1,200
Франція 223,900	Ірландія	33,000	Сінгапур	8,400	Польща	1,000
Південна Корея 173,300	Швейцарія	18,500	Норвегія	7,000	Литва	1,000
Великобританія 133,000	Індонезія	16,700	Бразилія	5,000	Інші	2,800
Китай 83,300	Швеція	15,000	Таїланд	4,200	Разом	3 850,000
Тайвань 75,900						

*Джерело інформації: Європейська комісія, 2005 р.

¹⁰ Джерело інформації: Lux Research, 2004.

Європейська комісія інвестує найбільші обсяги ресурсів у нанодослідження в Європі. У 7-й Рамковій програмі, розрахованій на 2007-2013 рр., розвиток нанотехнологій залишається таким же пріоритетним. При цьому деякі акценти зроблено на розвиток наноелектроніки і наномедицини (у якості розділів Європейської технологічної платформи), а також на безпеку, охорону здоров'я та екологію, нанометрологію, конверсійні технології, міжнародне співробітництво. Згідно із Європейською стратегією розвитку нанотехнологій до 2013 року обсяги щорічних інвестицій у розвиток наносфери збільшено до 2010 р. до 5 млрд. євро.

Стосовно країн-членів ЄС, які спільно мають більшу частку в європейських державних витратах на розвиток нанотехнологій, ніж Європейська комісія, то тут основними інвесторами є Німеччина, Франція й Великобританія. Обсяги фінансування цієї сфери Японією і Південною Кореєю відповідають європейським обсягам. Значними також є обсяги державних асигнувань у Китаї. Загальні витрати федерального уряду США і федеральних штатів на розвиток нанотехнологій у 2004 р. становили більше 1,2 млрд. євро, а в 2005 р. - 1,7 млрд. євро. Це найбільші державні витрати у світі. Проте в цілому, з урахуванням лише державного фінансування нанотехнологій, Європа перебуває на тому ж рівні, що і США.

На думку російських експертів [31], досить важливим показником є обсяг бюджетних видатків на розвиток нанотехнологій на душу населення, що розраховується за паритетом купівельної спроможності. Цей показник дозволяє визначити місце нанотехнологій у системі державних пріоритетів та здатність країн до прориву у тих чи інших нанонапрямах (рис. 4.9).

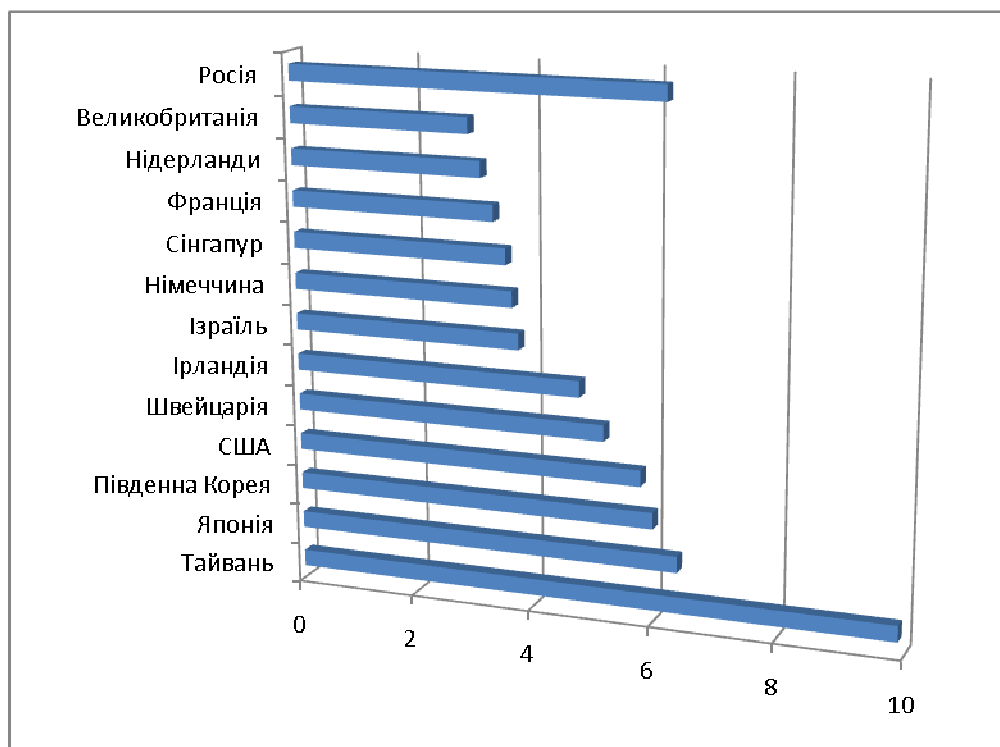


Рис. 4.9 Державні видатки на розвиток наносфери з розрахунку на душу населення у 2004 р., дол. США. (Росія – за оцінками експертів на 2005-2006 рр. [31]).

Як видно із рис. 4.9, США у якості лідера щодо бюджетного інвестування у наносферу переміщуються на четверту позицію, а Японія – на другу. Американський уряд стурбований тим, що США поступаються Тайваню у 1,7 рази і пропускають уперед Корею; він розглядає цей процес як "наступ" на конкурентні позиції США. За оцінками російських експертів, РФ за вказаним показником знаходиться на рівні США [31].

На рис. 4.10 відображено частку бюджетних видатків на розвиток наносфери у загальних видатках на НДДКР 15 країн світу¹¹. Цей показник характеризує високий рейтинг нанотехнологій в системі державних пріоритетів. І тут лідерами є Росія, Ірландія, Тайвань, Японія і Корея [31].

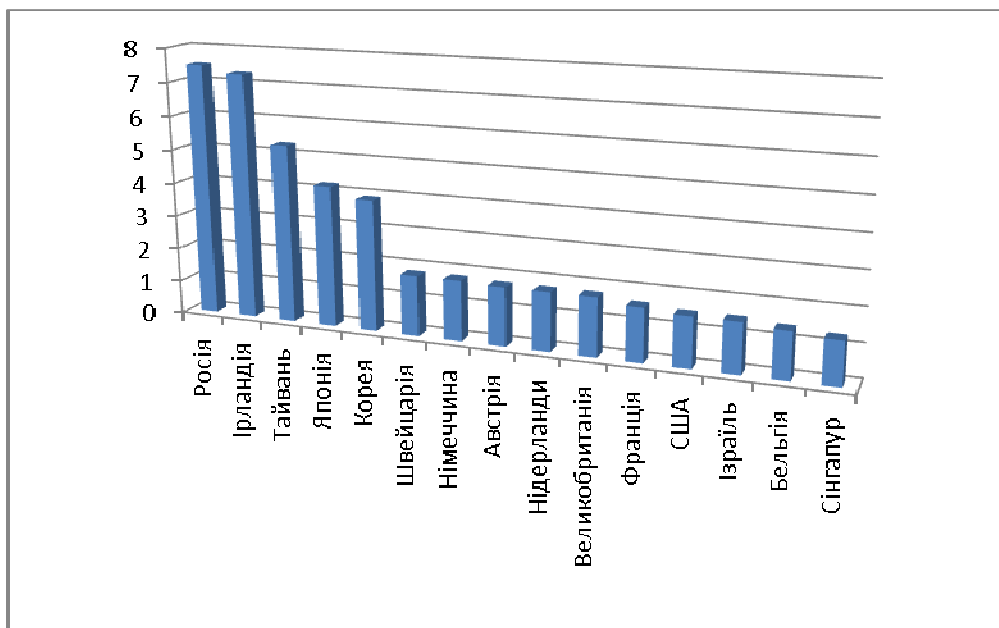


Рис. 4.10 Частка бюджетних асигнувань на розвиток нанотехнологій в загальних бюджетних видатках на НДДКР, %.
(Росія – за оцінками [31] на 2005-2006 рр.)

2 Витрати корпоративного сектору на нанодослідження, за оцінками російських експертів, зростатимуть. За 2005 р. вони збільшилися майже в 1,4 рази. Зростання витрат корпорацій на НДДКР має місце за умов, коли ринок перебуває на ембріональній стадії розвитку, коли більша частина як фундаментальних, так і прикладних досліджень здійснюється державним сектором науки. Свого роду феноменом у наносфері є те, що витрати корпорацій на нанодослідження зростають на тлі стагнації або навіть зниження обсягів корпоративних інвестицій у НДДКР в інших технологічних сферах; ця тенденція сформувалася за останні п'ять років в основних регіонах світу. Одночасно змінюється і "вага" різних регіонів у сукупних, глобальних витратах корпоративного сектору на нанонауку. Зростає частка так званих

¹¹ Джерело інформації: Elvio Mantrovani Report to the International Conference Nanoroadmap, Rome, November, 2004.

інших країн: за період 2004-2005 рр. вона виросла з 7,8 до 12%, одночасно збільшується і частка країн Азійсько-Тихоокеанського регіону [31].

Ряд великих транснаціональних компаній, таких як Mitsubishi (Японія), BASF (Німеччина), Motorola (США), нарощують обсяги інвестицій в нанонауку.

3 Щодо інвестування приватним сектором в нанонауки можна виділити глобальні тенденції, що сформувалися, – це збільшення витрат на НДДКР з боку: великих транснаціональних компаній; малих і середніх підприємств; приватного сектора - на фундаментальні нанодослідження. У США витрати приватного сектора на фундаментальні НДДКР становлять близько 14 % від загального обсягу інвестицій у розвиток нанонауки.

У Росії, як і в усьому світі, нанодослідження сконцентровані в державному секторі науки, на приватний сектор припадає лише близько 10 % наукових організацій. Російські корпорації до 2007 р. не проявляли активності щодо фінансування нанонауки або комерціалізації відповідних НДДКР. У 2007 р. Онексім-груп виступила з ініціативою щодо створення фонду для інвестування у водневу енергетику й нанотехнології, що стало мотивацією для інвестування у розвиток наносфери з боку інших приватних компаній.

Російські експерти [31] виділяють такі основні фактори, що стимулюють приватне інвестування у розвиток наносфери:

- ринкові очікування, передчуття входження наноринку у фазу швидкого розвитку та, як наслідок, одержання технологічної ренти тими компаніями, які виявилися першим на ринку;

- загострення конкуренції на ринку мікроелектроніки, який важко уявити без застосування нанотехнологій;

- загострення енергетичних проблем (високі ціни на енергоресурси);

- очікування, пов'язані з використанням нанотехнологій для вирішення ряду гострих соціальних проблем (лікування раку, діабету, адресної доставки ліків, застосування принципово нових методів діагностики, які дозволяють виявляти захворювання на ранній стадії).

За даними Європейської комісії, ***приватні асигнування в Європі у 2005 р. становлять лише третину світового обсягу фінансування наносфери, у той час як у США – 54 %, а в Японії – майже дві третини загального обсягу. У країнах, що розвиваються, та Азії частка приватного фінансування становить близько 36 %.***

В абсолютних показниках витрати на розвиток нанотехнологій становлять: у США – більше 3,5 млрд. євро в Японії – 2,7, в Європі – більше 2,5.

4 Аналіз ринку венчурного капіталу [34] в 1999-2002 рр. визначає, які нанотехнологічні напрями (галузі) динамічно розвиваються і тому є найбільш привабливими для інвесторів (рис.4.11).

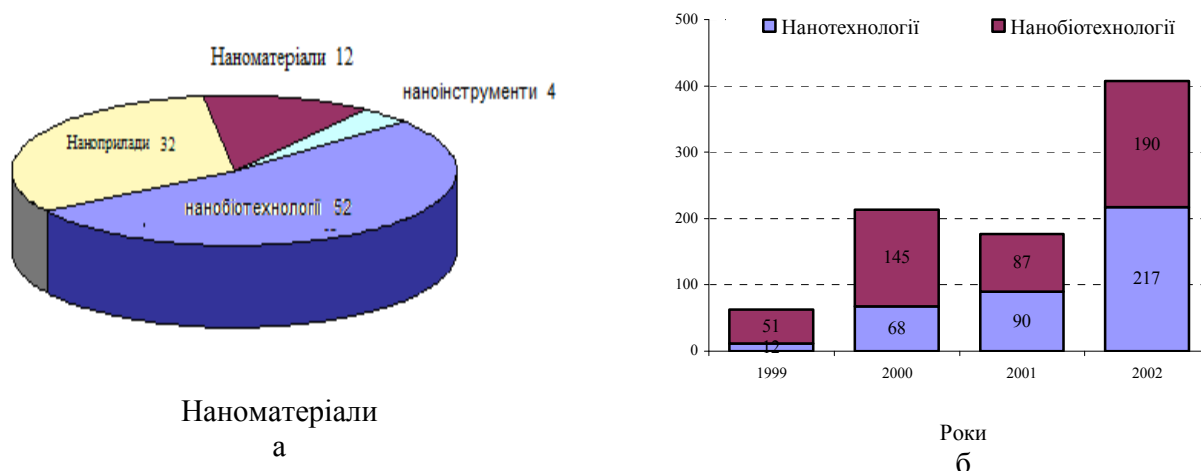


Рис. 4.11 Фінансування розвитку нанотехнологій венчурними підприємствами світу [35]: а - за галузями, %; б - за роками, млн. дол. США.

Так, загальні внески венчурного капіталу в розвиток нанотехнологій зросли до 400 млн. у 2002 р. Але в 2000-2002 рр. спостерігалось зменшення обсягів фінансування у розвиток нанобіотехнологій.

Тенденції розвитку світового ринку венчурного капіталу для нанотехнологій відображено на рис. 4.12. Аналіз свідчить про стагнацію обсягів внесків венчурного капіталу в 2002 р. і помірне, але стійке їхнє зростання у наступні роки. Аналогічно можна характеризувати й обсяги внесків венчурного капіталу в нанотехнології на світовому ринку. Європейські експерти пояснюють це тим, що потреба в інвестиціях венчурного капіталу залежить від кількості новостворених компаній, які працюють у наносфері, щоб освоїти більше 500 млн. дол. США щорічно, або 2,2 % венчурного капіталу всього світу.

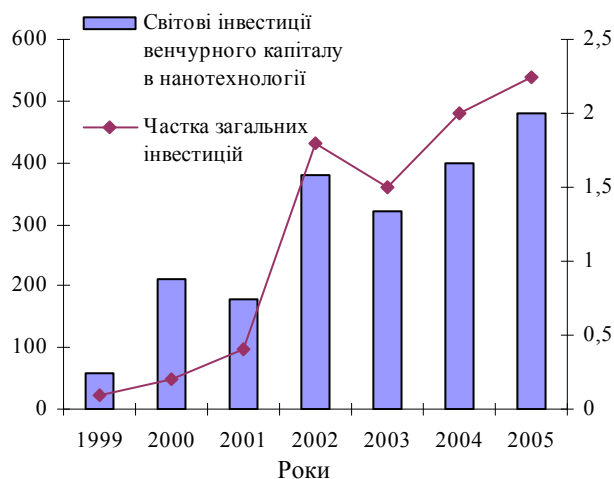


Рис. 4.12 Світові інвестиції венчурного капіталу в наносферу, млн. дол. США, частка загальних інвестицій, %¹².

¹² Джерела інформації: Anquetil, 2005, 2004/2005; Lux Research, 2006; PriceWaterhouseCooper, 2006.

За даними російських експертів [30], за період 1998-2005 рр. 143 новостворені нанокompанії було профінансовано за рахунок венчурного капіталу, а станом на 2005 р. на світовому ринку працювало вже близько 1500 нових нанокompаній, тобто інвестувалася кожна десята з них. Близько 50 % глобальних венчурних інвестицій припадає на США, проте зростаючий інтерес венчурного капіталу до нанотехнологій перетворився на глобальну тенденцію. У той же час більшість аналітиків, стверджують, що для розвитку наноринку венчурних інвестицій катастрофічно не вистачає [30].

5 Створення нових компаній і робочих місць для наносфери залежить від наявності основного активу – патенту на нову нанотехнологію або ліцензії.

У процесі створення нових робочих місць нові малі й середні підприємства роблять найбільші внески. За оцінками NSF, до 2015 р. потреба всіх країн світу в працівниках для наносфери становитиме близько 2 млн. чол. При цьому 0,8-0,9 млн. чол. буде потрібно у США; 0,5-0,6 – в Японії; 0,3-0,4 – в Європі, близько 0,2 – в Азійсько-Тихоокеанському регіоні (за винятком Японії) і 0,1 млн. чол. – в інших регіонах. Крім того, потрібно буде 5 млн. чол. для виконання суміжних робіт. Тобто, в середньому буде створено 2,5 робочих місць з розрахунку на одного працівника наносфери. За більш оптимістичним прогнозом Lux Research, до 2014 р. очікується створення 10 млн. робочих місць для виробництва нанопродуктів.

За декілька минулих років багато відомих компаній з метою підтримки своєї конкурентоспроможності поповнили свій інвестиційний (технологічний) портфель нанотехнологіями. Це компанії, що працюють у хімічній і фармацевтичних галузях, оптиці й електроніці, - Bayer, BASF, Carl Zeiss, Agfa-Gevaert, General Electrics, Philips.

Більшість активних дотепер нанотехнологічних компаній створено в перші вісім десятиліть XX ст., в середньому по десять компаній кожні десять років. Так, у 1996 р., було створено близько 30 нових нанотехнологічних компаній, а в 2000 р. – близько 50 компаній. Водночас у 1990 р. лідером створення нових нанокompаній були США, Європа й Азія. Пік цього процесу в Європі припав на 2000 р. З 2001 р. і до цього часу найбільша кількість компаній створюється у США (рис. 4.13).

Дослідження [36], проведені на базі 357 компаній таких світових лідерів, як США, Німеччина, Великобританія, Японія, показують, що одна третина розглянутих компаній є найбільш активною за напрямом створення наноматеріалів, інша – за напрямом нанобіотехнологій. Менша кількість компаній займається створенням наноінструментів і наноприладів. Німеччина випереджає США щодо створення наноінструментів, Великобританія – нанобіотехнологій, а Японія йде попереду цих країн щодо розробки наноматеріалів і наноінструментів. але відстає у розвитку нанобіотехнологій.

Аналіз свідчить, що більшість нанотехнологічних компаній розміщено у США і Німеччині, меншість - у Великобританії, Японії, Ізраїлі, Швейцарії, Канаді, і Швеції. Більшість компаній США є середніми за розмірами, тобто,

їх товарооборот становить від 10 до 500 млн. дол. США. Розміри більшості компаній Німеччини та Великобританії є значно меншими, їхній товарооборот не перевищує 10 млн. дол. США, тоді як обсяги товарообороту японських компаній можуть перевищувати 500 млн. дол. США.

Найбільш активними щодо створення нанотехнологічних компаній і робочих місць є США, в Європі – Німеччина, яка в порівнянні зі США, перебуває на середньому рівні активності. Японія є головним конкурентом Сполучених Штатів.

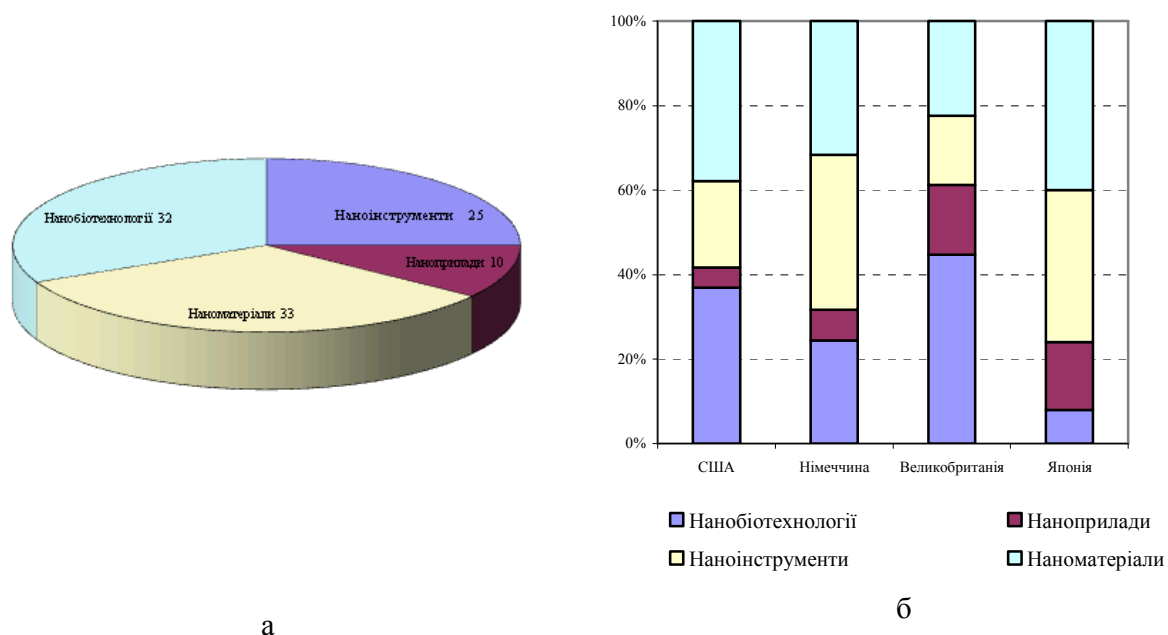


Рис. 4.13 Створення компаній [34-35]: а - за різними напрямками (галузями) нанотехнологій; б - у найбільш активних країнах світу, %.

Слід зазначити, що країни, що розвиваються, до яких належать Китай, Індія і Росія, за багатьма показниками розвитку нанотехнологій близькі до Європи. Можна припустити, що в наступному десятилітті вони проявлятимуть значну активність та стануть серйозними конкурентами на світовому ринку нанодосліджень і нанопродуктів.

4.4 Патентування ідей і винаходів у наносфері. Аналіз наукометричних індикаторів: досвід Росії

4.4.1 Загальні підходи до патентування наноідей і нановинаходів

У порівнянні з іншими проривними напрямками, які з'явилися раніше (комп'ютерна техніка, Інтернет, біотехнологія), патентування основних ідей і винаходів у сфері нанотехнологій розпочалося практично з моменту їхньої появи і розвитку. Перші патенти були видані на вуглецеві нанотрубки, напівпровідникові нанокристали, світловипромінюючі нанокристали,

нанострижні з окислів металів, атомно-силові мікроскопи, способи виготовлення самоутворюючогося наношару й нанотрубок шляхом хімічного осадження пари. Лише деякі базові ідеї залишилися незапатентованими, наприклад структура фулерену, оскільки вона була відкрита як продукт, що існує в природних умовах. Що стосується використання фулеренів, то станом на 2004 р. видано більше 100 патентів.

До середини 2004 р. кількість патентів і поданих заявок у наносфері досягла 20 тис. До найбільш активних сфер патентування можна віднести такі:

- використання наночасток;
- використання вуглецевих нанотрубок, їхнього виробництва або очищення;
- використання нанотрубок для виробництва електродів;
- біологічні й хімічні методи виявлення і діагностики, засновані на нанотехнологіях;
- цілеспрямоване постачання ліків.

На початку 2006 р. фонд Європейського патентного відомства (ЄПВ) містив 68 тис. патентів (або приблизно 20 тис. сімейств патентів-аналогів) на нановинаходи. Найбільша кількість цих патентів стосується обробки, зберігання і передачі даних (35 %), використання наноматеріалів (24 %) і явищ наномagnetизму (17 %). Усього в світі опубліковано близько 100 тис. патентів за даною тематикою.

Динаміка подачі заявок в ЄПВ різними країнами на кінець 2004 р. була такою: США - 49 %, Японія - 25 %, країни, що входять в ЄПВ, - 18 % (у тому числі Німеччина - 8 %, Франція - 4 %, Великобританія - 3 %), Корея - 2 %, інші країни - 6 % [37].

Російськими заявниками отримано близько 300 патентів у наносфері. Експерти відзначають найбільш важливі напрями, за якими в найближчі роки російськими дослідниками подаватимуться заявки на патентування нановинаходів [37]:

- технологія одержання нових нано- і композиційних покриттів, що збільшують термін дії конструкційних матеріалів;
- технологія нанесення наношарів і нанокристалічних покриттів для захисту конструкційних матеріалів плазмохімічними і комбінованими плазмоелектрохімічними методами з метою підвищення корозійної стійкості матеріалів;
- технологія виробництва легованих порошкових сталей і сплавів з наноструктурою для високоміцних і теплостійких деталей машин і механізмів;
- технологія одержання наноструктурованих матеріалів на основі електронно-променевої й газоплазменої обробки для металургійного устаткування;
- методи одержання особливо чистих порошоків кольорових і рідких металів;

- методи одержання напівпровідникових матеріалів для використання в сонячній енергетиці й електронній техніці;
- розробка нанокаталізаторів для переробки в'язких вуглеводнів;
- розробки генної інженерії (виділення генів, що підвищують стійкість рослин до шкідників, стійкість до гербіцидів тощо);
- методи транспортування наночасток різних ліків до уражених органів і тканин людського тіла, не зачіпаючи здорові;
- методи візуалізації наночасток і хворих клітин;
- елементи наноелектроніки й нанофотоніки (напівпровідникові транзистори й лазери, фотодетектори, сонячні елементи, сенсори);
- пристрої надщільного запису інформації тощо.

Висока активність патентування нановинаходів у світі має декілька причин.

По-перше, у порівнянні з іншими напрямками спостерігається попереднє патентування базових ідей, що реалізуються в основному в лабораторних умовах. Особливо це є характерним для застосування наноматеріалів.

По-друге, особливості патентування за напрямом нанотехнологій пов'язані з чітко вираженим міжгалузевим характером наносфери. На відміну від інших нових напрямів розвитку техніки, за якими патентування здійснювалося виробниками переважно у своїй галузі, патентовласники нанотехнологій часто отримують виключні права не тільки стосовно своєї галузі, але й багатьох інших галузей, виходячи з потенційних або передбачуваних сфер застосування. Наприклад, можливою є видача патенту на базовий винахід, що стосується наноструктури напівпровідника, який може застосовуватися в біотехнології, телекомунікації, текстильній промисловості тощо.

По-третьє, ряд країн, які здійснюють державне фінансування досліджень у сфері нанотехнологій, що проводяться університетами або іншими державними установами, надає їм право одержувати патенти на своє ім'я та укладати ліцензійні угоди (наприклад, у США відповідно до закону Бея-Доуля), що викликає комерційний інтерес та стимулює ці організації й установи до активного патентування і ліцензування нановинаходів.

У той же час є підстави припускати, що існує й зворотна (стримуюча) тенденція патентування, коли приватні фірми, з огляду на специфічний характер нановинаходів, зберігають їх у якості комерційних або виробничих секретів. Це пояснюється тим, що більшість нанопродуктів практично не піддається зворотному реінжинірингу (тобто декомпіляції або розкладанню на складові компоненти з наступним відтворенням об'єкту).

Стримуючим фактором патентної активності нановинаходів є патенти на піонерні винаходи або патенти із широким колом вимог, які перешкоджають розробці винаходів на вдосконалення. Відомо, що галузь розвивається бурхливо за умови можливості патентування таких винаходів. У цьому зв'язку показовою є скарга виконавчого директора альянсу "Нанобізнес", який заявив, що блок перших патентів із нанотехнологій був

виданий з таким широким колом вимог, що розвитку наноіндустрії загрожує уповільнення через правові бар'єри.

Перешкодою для подальшого розвитку патентної активності у наносфері може бути наявність великої кількості приватних рішень, запатентованих на ім'я різних фірм із різних країн. Компаніям, які мають намір розробляти або використовувати більш складні нанопристрої, доводиться одержувати ліцензії на безліч приватних рішень. Подолання зазначених проблем є можливим за умови надання відкритих або примусових ліцензій, а також перехресних ліцензій (коли базові патенти розподіляються між зацікавленими фірмами (які не являються прямими конкурентами), що обмінюються перехресними ліцензіями [37].

4.4.2 Проблеми інформаційного пошуку патентів

Нанотехнології мають відношення до значної кількості галузей науки і промисловості. Так, уже на рівні елементарних наночасток і наноструктур, безпосередньо пов'язаних з фундаментальними дослідженнями, спостерігається тісний зв'язок з фізикою, хімією, біологією. На наступному рівні складності - створення наноматеріалів, їхнього промислового виробництва і застосування - відбувається подальша тематична диверсифікація нанотехнологій і наноматеріалів за способами і засобами, які традиційно використовуються в інших галузях техніки і технологій, наприклад хімічний синтез, каталіз, травлення, літографія, протеїнове конструювання, поверхнева обробка металів, виготовлення композитів тощо.

Пошук інформації за допомогою ключових слів, особливо з використанням позначки "нано", дозволяє знайти лише незначну частину патентів (наприклад, у Патентному фонді США за допомогою цього терміну було виявлено 3000 патентів за період 1996-2002 рр.), у той час як, за оцінкою Патентного відомства США, на кінець 2002 р. було видано близько 60 тис. патентів. Це вказує на те, що *вичерпний пошук патентної інформації в наносфері можливий лише на основі інтелектуального індексування або класифікування.*

Для забезпечення *класифікаційного пошуку* винаходів у наносфері у рамках Міжнародної патентної класифікації (МПК) в 2000 р. уведено спеціальний клас B82 "Нанотехнологія", що містить дві основні групи для класифікування й пошуку винаходів, що стосуються наноструктур (B82B 1/00), їхнього виготовлення або обробки (B82B 3/00).

Проте введення цього класу лише частково вирішило проблему. Річ у тім, що розвиток патентних класифікацій, незважаючи на революційний характер нових технологій, відбувається поетапно, відбиваючи еволюційне нагромадження знань у відповідних наукових і технічних дисциплінах. Як правило, нові дисципліни зароджуються й розвиваються на базі вже існуючих. Наприклад, більшість відкриттів і винаходів, що стосуються наноструктур і наночасток, зроблено в ході досліджень в галузі фізики твердого тіла. Те ж саме можна сказати про відкриття і винаходи, що

стосуються наноорганічних матеріалів, які спочатку з'явилися в галузі мікробіології або біотехнології. Поетапний розвиток патентних класифікацій характеризується включенням у них додаткових рубрик у відповідні тематичні розділи. Оскільки при такому підході патентні класифікації в цілому зберігають свою структуру, то тематика нанотехнологій виявляється розкиданою практично за усіма розділами і класами.

Експерти *Європейського патентного відомства* провели дослідження щодо "розсіювання" патентних документів за тематичними розділами патентного фонду, використовуючи свою *внутрішню класифікацію ECLA, засновану на МПК* [37]. Було виявлено, що експерти-класифікатори, які створюють нові рубрики ECLA, давно вже вводять рубрики, що стосуються нанотехнологій, у рамках різних функціональних і галузевих розділів МПК (наприклад, системи спрямованої доставки ліків у - розділі А, фотонні кристали й молекулярні електронні пристрої - в розділі G), причому не завжди відповідні рубрики містили позначку "нано".

З огляду на цю обставину, а також тісний зв'язок окремих видів нанотехнологій з існуючими макротехнологіями (наприклад, нанесення покриттів, виготовлення шаруватих виробів, біологічні способи утворення матеріалів), було ухвалено рішення – суттєво не переглядати вже сформовану класифікаційну систему, а розробити новий розділ Y класифікації ECLA. Його рубрики не мають самостійного статусу, а використовуються у якості спеціальної мітки для документів, які вже були класифіковані. Коди цього розділу не можуть замінити рубрики інших розділів А-Н.

На цей час *ECLA* включає шість таких кодів¹³, що використовуються як мітки в сполученні з іншими рубриками класифікації. Ці мітки прирівняні за своїм статусом до основних груп і мають дефініції, що публікуються на сайті ЄПВ. Вони визначаються експертом-класифікатором, який є відповідальним за кожну із міток:

Y01N2 – нанобіотехнологія (наноелектроніка);

Y01N4 - нанотехнологія для обробки, зберігання й передачі інформації;

Y01N6 - нанотехнологія матеріалів і обробки поверхонь (наноматеріали);

Y01N8 - нанотехнологія для забезпечення взаємодії, реєстрації або активації часток (нанопристрої);

Y01N10 – нанооптика;

Y01N12 - наномагнетизм.

На відміну від ЄПВ *Патентне відомство США* розробило в рамках своєї національної класифікації спеціальний деталізований клас 977, присвячений об'єктам нанотехнологій (250 детальних рубрик), що також не має самостійного значення, а використовується для перехресного класифікування. Клас 977 включає наступні тематичні напрями:

(і) - вихідні наноструктури й хімічні композиції наноструктур,

¹³ Так званих євро-ярликів (тег).

(ii) - пристрої, які включають принаймні одну елементарну наноструктуру,

(iii) - математичні алгоритми, наприклад, програмне забезпечення тощо, спеціально розроблене для моделювання конфігурацій або властивостей наноструктур,

(iv) - способи або пристрої для виробництва, виявлення, аналізу або обробки наноструктури,

(v) - специфічні або особливі використання наноструктур.

На відміну від ЄПВ, що передбачає використання міток Y для всіх без винятку винаходів в наносфері, Патентне відомство США, незважаючи на значну детальність класу й рішення не надавати йому самостійний статус, увело численні обмеження й виключення на використання цього класу в якості відправного.

Так, із класу 977 виключаються об'єкти, що підпадають у цілому під визначення нанотехнологій, але для яких в існуючій класифікації США вже є чітко визначені рубрики. Наприклад, оскільки клас 257 "Активні твердотільні пристрої" вичерпно відображає таку тематику, як: квантові джерела, квантові бар'єри, суперґрати, пристрої, що мають буферні шари у вигляді нанолистів, нанолисти, які використовуються в якості світловідбивних, рефракційних шарів, електронно-польові емітери тощо, то відповідні рубрики виключені із класу 977.

У результаті експертам США рекомендується для класифікування і пошуку, окрім класу 977, використовувати й переглядати в якості посилованих безліч інших класів і підкласів, які можуть містити об'єкти й процеси, що стосуються нанотехнологій.

По-перше, це класи, які поряд із загальними властивостями й характеристиками матеріалів можуть стосуватися матеріалів, що містять наночастки й наноструктури (наприклад, сплави, ламінати, шаруваті вироби, композити, порошки, покриття тощо). *По-друге*, сюди відносяться класи, що характеризують спосіб і засоби виготовлення або обробки матеріалів, наприклад, поверхнева обробка металів (шляхом напилювання, епітаксії, осадження шарів товщиною в один атом), вирощування кристалів, використання термолізу й хімічної декомпозиції тощо. *По-третє*, у це число входять класи, присвячені способам і засобам виміру, тестування й діагностуванню матеріалів, у тому числі й наноматеріалів. Серед них, наприклад, підклас 105-73 - вимір за допомогою атомно-силових мікроскопів, підклас 310-311 - п'єзоелектричні пристрої, які використовуються для забезпечення позиціонування скануючих мікроскопів з наноточністю; підкласи 324-244, 260, 300-322 - магнітно-силові й електронні мікроскопи на основі парамагнітного резонансу; підкласи 250-306 і 307-скануючі тунельні мікроскопи й способи їхнього використання.

Нарешті, існує багато класів, що відображають застосування наноматеріалів і нанооб'єктів у різних пристроях і нанотехнологіях. До них у першу чергу відносяться як підкласи, повністю присвячені елементарним наноструктурам (наприклад, підклас 423-445, що відображає фулерени в

чистій формі), так і класи, які лише частково включають у себе застосування наноструктур, наприклад клас 372, присвячений генераторам когерентного світла, за рахунок використання квантових колодязів і бар'єрів, клас 385, присвячений оптичним хвилеводам, що містять нанолисти, які забезпечують функції рефракції, відбиття й захисту світла, клас 502, присвячений каталізаторам, твердим сорбентам, у яких застосовується властивість нанопор. Великою сферою застосування нанотехнологій є медицина: клас 514 (склади ліків, що містять радіонуклідні включення у вигляді мікрокапсул, мікросфер), клас 600 (хірургія), що включає підкласи, присвячені виміру й виявленню складових елементів у рідині й крові тіла тощо. Причому один й той же клас може містити тематику, що виключається як з класу 977 відповідно до примітки 6, так і тематику, що рекомендується для перегляду. Наприклад, клас 257, основний зміст якого відповідно до примітки 6 виключається з класу 977 (щоб уникнути дублювання). Проте підкласи 9-39 класу 257, що відбивають наявність надтонких енергетичних шарів, які працюють у нанодіапазоні, незважаючи на примітку 6, рекомендуються для спільного використання [37].

4.4.3 Організаційні питання патентної експертизи

Нестача або відсутність експертів, які мають спеціальну підготовку для роботи за нанотематикою, позначається на термінах розгляду відповідних заявок і видачі патентів. Це пояснюється багатогалузевим (багатодисциплінарним) характером нанотехнологій та наноматеріалів, що унеможлиблює зосередження експертів в одному підрозділі, як це, наприклад, було зроблено відносно біотехнологій або бізнес-методів.

Так, у патентному відомстві США заявки на патенти в наносфері розглядаються у семи експертних відділеннях - від хімії до біотехнології. Заявки розподіляються на основі їх тематичної приналежності. При цьому у зв'язку з багатогалузевим характером окремих заявок існує *небезпека, що аналогічні заявки можуть направлятися різним експертам, які працюють у різних тематичних підрозділах, що призведе до необґрунтованої видачі патентів*. Надання помилкових або слабких патентів може призвести до дорогих судових витрат, стримувати інвестиції в наносферу і створювати проблеми для промислових підприємств, що освоюють випуск відповідної продукції [37].

Існує інша небезпека - *видача патентів із занадто широкими вимогами*, які можуть блокувати розвиток наносфери або впровадження інновацій. Аналогічна ситуація мала місце на початковому етапі розвитку біотехнологій, коли через недосвідченість експертів видавалися занадто широкі патенти, що загрожувало зупинкою цілих галузей. Лише енергійні протести з боку представників промисловості змусили патентне відомство США в 1988 р. провести навчання експертів і створити спеціальну експертну групу.

Проте на цей час жоден з підрозділів патентного відомства США не створив окремої експертної групи з нанотехнологій з огляду на широту технологічних напрямів, які охоплюються дослідженнями в цій сфері. Патентна заявка, подана в наносфері, може потребувати ретельного вивчення потенційних кінцевих застосувань, що належать до різних напрямів і галузей. Наприклад, винахід, що стосується квантових крапок, може мати застосування як за напрямом напівпровідників, так і їхнього використання в якості мітки для біологічних матеріалів.

Очевидно, що передумовою створення експертної групи з нанотехнологій є розробка класифікаційної системи в цій сфері, щоб відомство мало можливість відслідковувати розподіл, терміни розгляду й обсяги відповідних заявок.

У рамках ЄПВ утворено спеціальну робочу групу, що займається розробкою додаткової схеми класифікаційних міток, яка буде використовуватися експертами як додаток до МПК із включенням у бази даних ЄПВ непатентної літератури за нанотематикою, навчанням експертів.

Прийнятий в 2005 р. план дій ЄС щодо розвитку наносфери спрямований на вирішення таких завдань:

- створення сильної уніфікованої й доступної основи охорони прав у цій сфері;
- створення системи спостереження за патентуванням винаходів у сфері нанотехнологій, а також гармонізація процедур обробки заявок патентними відомствами, наприклад: ЄПВ, патентними відомствами США та Японії [37].

4.4.4 Методологічні проблеми патентування та експертизи нановинаходів

У зв'язку із багатогалузевим характером нанотехнологій і наноматеріалів на цей час відсутні чіткі рекомендації відносно подачі й розгляду заявок на винаходи в наносфері.

Перша проблема, з якою стикаються експерти й заявники, - *розмитість, відсутність чітких правил інтерпретації об'єктів винаходу як нанооб'єктів*. Справа в тому, що всі речовини в їхньому об'ємному вигляді мають атомарну й молекулярну структуру. Наприклад, хіміки й біотехнологи жартома відзначають, що завжди працювали з наноструктурами, і тільки поява особливих властивостей завдяки наявності нової атомарної або молекулярної структури дозволяє говорити про нанооб'єкти [37].

Друга проблема *пов'язана з подвійним призначенням процесів і пристроїв, що використовуються при вивченні й створенні об'єктів макросвіту, з одного боку, і наноматеріалів або наночасток та їхнім маніпулюванням, - з іншого* (наприклад, хімічне осадження, термоліз, атомно-силові мікроскопи, лазери тощо) [37].

Заявники у наносфері можуть спостерігати протиставлення винаходів мікрорівня (діапазон мікрометра) або навіть макрорівня на тій підставі, що винахід, який пропонується, реалізує таку саму концепцію, що приведе до

досягнення аналогічного технічного результату. Більше того, якщо в попередньому винаході не вказується масштаб реалізації, наприклад для рідиннопровідних каналів, то експерт, виходячи із принципу еквівалентності, може стверджувати, що спосіб виготовлення для каналів у діапазоні мікрометра внутрішньо властивий способу виготовлення в діапазоні нанометра. Таким вирішальним фактором є розходження в розмірах, який створює нову невідому властивість або якість (технічний результат), що дозволяє говорити про новизну винаходу.

У багатьох випадках сам нанопродукт може не патентуватися, проте спосіб його виготовлення, засіб використання є новими. Відповідно до законодавства США для доказу новизни може застосовуватися зворотна доктрина еквівалентності, відповідно до якої заявлений об'єкт, незважаючи на те, що вимоги у формулі можуть збігатися дослівно із уже запатентованими об'єктами, відрізняється від них тим, що виконує ту ж або аналогічну функцію істотно відмінним способом. З огляду на незвичайні властивості наноматеріалів і нанопроцесів, у багатьох випадках можна припускати, що при використанні нанотехнологій матиме місце виконання аналогічних функцій або досягнення аналогічного технічного результату, але істотно відмінним способом.

Доказ винахідницького рівня (неочевидності) також може стати перешкодою для патентування, оскільки прийнято вважати, що зміна розміру об'єкта в макросвіті звичайно не міняє сутності винаходу. Одним зі способів доказу неочевидності нановинаходу при протиставленні аналогічного йому винаходу в макро- або мікромасштабі вважається доказ неможливості реалізувати даний нановинахід відомим способом виготовлення або застосування, запропонованим у випадку аналогічного макро- або мікровинаходу. Таким чином, якщо відомі способи з попереднього рівня не дозволяють виготовити зменшену копію існуючого пристрою (наприклад, обчислювального) у наномасштабі, то вважається, що запропоновані версії нанопристрою й спосіб його виготовлення є неочевидними [37].

Для відхилення заявок із широкими вимогами має бути наданий доказ "можливості здійснення". Відповідно до доктрини "можливості здійснення" винахідник повинен надати інформацію, що дозволяє фахівцеві в наносфері здійснити заявлений винахід без "зайвого експериментування". Треба відзначити, що в біотехнології експерти й суди вже використовують доктрину "можливості здійснення" відносно занадто широких вимог. Однак у відношенні нановинаходів критерії "можливості здійснення" ще не сформувалися. Проте експерти починають вимагати доказів проведених тестів, що підтверджують можливість реалізації наведених прикладів.

Поняття середнього фахівця в наносфері при оцінці достатності розкриття винаходу й прикладів його реалізації пропонується інтерпретувати як команду з декількох фахівців, що представляють технічні сфери, суміжні для заявленого об'єкту винаходу. При цьому необхідно ретельно порівнювати етапи, матеріали, що використовуються, й умови проведених експериментів з аналогічними характеристиками, зазначеними в заявці.

Розкриття корисності (можливості застосування) нановинаходів представляє певні труднощі як для заявника, так і експерта. Доцільно обережно вказувати напрями застосування. Річ у тім, що темпи практичного застосування нанотехнологій відстають від темпів їхнього створення. У цьому зв'язку слід зважати на те, що занадто докладні вказівки на потенційні сфери застосування, які в майбутньому можуть стати самостійним предметом патентування, можуть мати негативні наслідки. У сумнівних випадках експертам необхідно робити запит на результати проведених заявником експериментальних досліджень, які підтверджують сфери застосування нановинаходів [37].

В стратегії подання заявок спостерігаються такі тенденції. З одного боку, здійснюється попереджувальна (рання) охорона базових винаходів і, в результаті, - занадто широка охорона піонерських винаходів з метою захоплення більш широкої сфери впливу. При цьому існує ризик дострокового закінчення терміну охорони або того, що технологічний розвиток піде в іншому напрямі. З іншого боку, існує практика подання заявок, коли викладені вимоги є більш специфічними, ніж реальний комерційний продукт, заявляється менший обсяг охорони й виникає ризик більш пізнього подання заявки (і, отже, одержання залежного патенту). Заявникам рекомендується ретельніше підходити до виявлення патентоспроможних аспектів свого винаходу. Може мати місце ситуація, коли сам нанопродукт уже не є патентоспроможним, проте спосіб його виготовлення або засоби застосовування, а також можливі застосування будуть патентоспроможними.

Оскільки патентування здійснюється відносно приватних рішень і застосувань, то у процесі реалізації кінцевих комплексних розробок, заснованих на їхньому використанні, виникає необхідність узгодження або придбання безлічі дорогих ліцензій, що стримує розвиток комплексних розробок. Для подолання ситуації з безліччю запатентованих приватних рішень деякі автори пропонують увести платежі, розміри яких підвищуватимуться за кожну додаткову сферу застосування, на яку поширюється патент.

Нанотехнологічні розробки у багатьох випадках супроводжуються попереднім моделюванням з використанням спеціального програмного забезпечення. Існування ряду наноструктур було передбачено ще до їхнього практичного відкриття. Тому патентування такого програмного забезпечення є поширеним, наприклад у США і Японії та країнах ЄС. Для відтворення процесів моделювання й програмного забезпечення, що використовується, в американській класифікації в класі 977 уведено декілька підкласів. В інших країнах такі програми захищені авторським правом і надані для відкритого (безкоштовного) доступу.

Ряд нанотехнологій (зокрема технології створення нанороботів) мають подвійне призначення, тобто можуть використовувати як у цивільних, так і військових цілях. Це обмежує вільне поширення деяких розробок. Подвійний характер нанотехнологій сприяє істотному зростанню витрат на дослідження

в цій сфері й засекречуванню результатів, а також порушенню питання про спеціальне законодавче регулювання у сфері інтелектуальної власності [37].

4.4.5 Аналіз розвитку наносфери на основі наукометричних індикаторів

Європейські підходи до проведення наукометричних досліджень. Значний внесок у вивчення глобальних тенденцій розвитку наноматеріалів і нанотехнологій, в оцінку позицій і можливостей різних країн у світовій нанотехнологічній гонці належить наукометричним дослідженням.

Тривалий економічний успіх був би неможливим за відсутності сильної науково-технологічної бази. Наукові і технологічні переваги самі по собі (автоматично) не сприяють економічним успіхам і прориву в науці. Так званий "європейський парадокс", який пов'язують із силою європейської науки та слабкістю щодо її технологічного застосування, не відтворює ці причинні зв'язки. Чи є характерним "європейський парадокс" для нанотехнологій? Щоб наблизитися до відповіді на це питання, необхідно проаналізувати два основних науково-технологічних індикатори: патенти на винаходи й публікації.

1 Патенти як індикатор розвитку нанонауки. Патенти відбивають здатність наукових результатів перетворюватися в технічні пропозиції. Патенти є також показником використання результатів досліджень в економічних цілях, а, отже, - основою будь-якого аналізу, пов'язаного з визначенням економічного потенціалу технологій, найбільш перспективних сфер діяльності, а також суб'єктів - організацій або країн, що проводять дослідження й розробки [38].

Європейське патентне відомство розробило методологію ідентифікації й класифікації нанотехнологічних патентів і сімейств патентів-аналогів для найбільш важливих патентних відомств всього світу.

Першочерговою метою було полегшення роботи патентних експертів і визначення напрямів розробок у наносфері, щоб заздалегідь задовольнити зростаючі потреби патентних експертів та сприяти їхній міждисциплінарній взаємодії. Введення методу "маркування" допомогло дослідникам більш адекватно ідентифікувати нанотехнологічні патенти.

Кількість сімейств патентів-аналогів постійно збільшується, але дійсного зльоту поки що не спостерігається. Два невеликих піки у 1999 і 2002 р. вказували шлях до їхнього експонентного зростання, проте у кожному наступному році відбувалося деяке уповільнення, що вплинуло на загальні темпи зростання у розглянутий період. У 2003 р. найбільшу групу патентів становили патенти з наноелектроніки. До другої групи відносилися патенти з наноматеріалів, до третьої групи - патенти з наномагнетизму і нанооптики.

На рис. 4.14 відображено еволюцію кількості сімейств патентів-аналогів та їхню частку за різними нанотехнологічними напрямками.

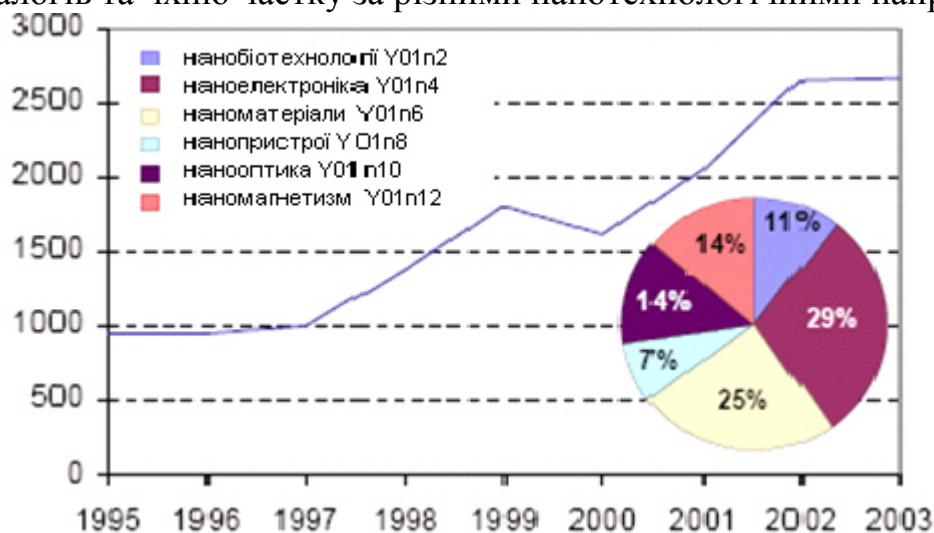


Рис. 4.14 Загальна кількість сімейств патентів-аналогів у світі за нанотехнологічними напрямками (галузями) відповідно до спеціальної мітки Y01N у 2003 р.¹⁴

Загальні темпи приросту нанотехнологічних патентів за періоди 1995-1999 рр. та 1999-2003 рр. залишалися на рівні 14 % (щорічно) при більш низьких темпах у другому періоді у порівнянні з першим. При цьому спостерігалася величезна різниця між темпами приросту патентів за напрямками. З одного боку, найвищі темпи приросту патентів спостерігалися за напрямками наноелектроніка, наноматеріали, нанопристрої та наномагнетизм у 1990-і, у той час, як найбільш низькі темпи (навіть до негативного значення - щодо нанопристроїв) - між 1999 і 2003 р. З іншого боку, пізні 1990-і характеризувалися низькими темпами приросту патентів з нанобіотехнології й нанооптики, проте вони прискорилися приблизно до 20 % у 2000 р. Водночас, темпи приросту патентів (в абсолютних величинах) у зазначених напрямках перебували на більш низькому рівні, ніж темпи приросту патентів з наноелектроніки і наноматеріалів.

Динаміку розвитку кожного напрямку нанотехнологій показано на рис. 4.15.

¹⁴ Джерела інформації: ЄПВ, 2006 та [35].

¹⁴ Те ж саме.

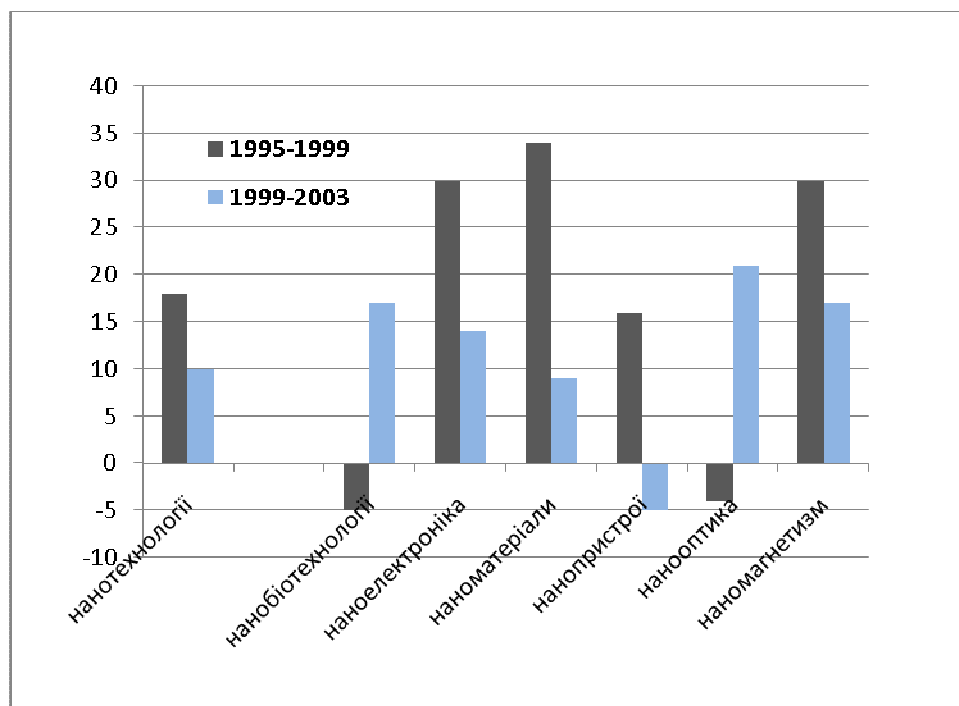


Рис. 4.15 Темпи середньорічного приросту кількості нанотехнологічних патентів, %, за напрямками (галузями) нанотехнологій¹⁵.

Відповідь на питання, з якого регіону світу ведуть своє походження нанотехнологічні патенти, можна одержати, проаналізувавши кількість нанотехнологічних патентів за регіонами світу. При цьому країни доцільно розділити на країни-заявники й країни-винахідники з Американського континенту (головним чином США і Канада), Азії (головним чином Японія й Південна Корея) і Європи (головним чином Німеччина, Великобританія, Франція й Нідерланди) (рис. 4.16).

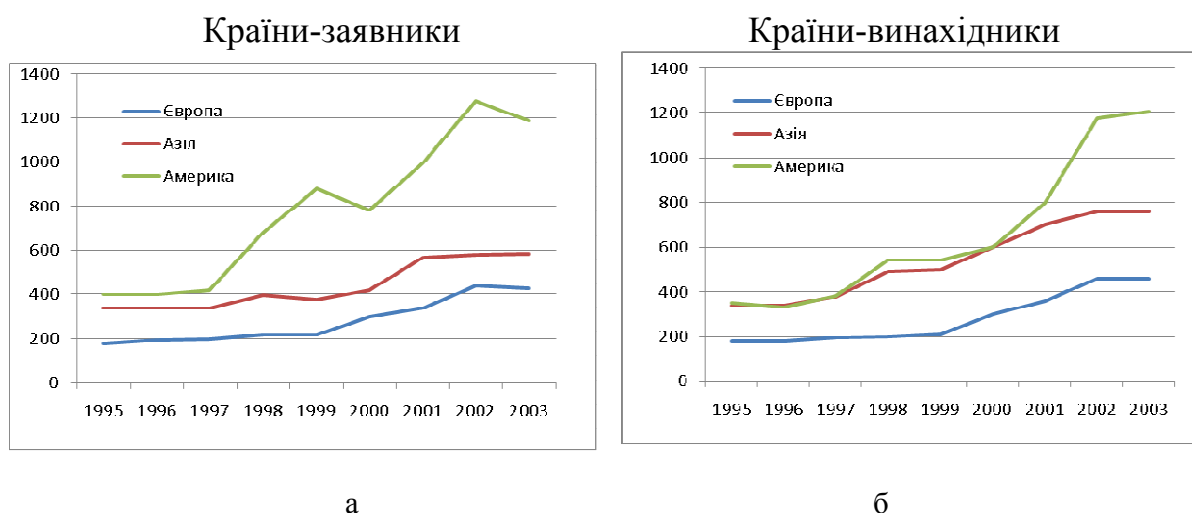


Рис. 4.16 Кількість нанотехнологічних патентів у регіонах світу відповідно до: а) країн-заявників і б) країн-винахідників¹⁶.

¹⁶ Джерела інформації: ЄПВ, 2006 та [35].

Аналіз підтверджує, що Америка є найбільш активним регіоном світу в частині зареєстрованих патентів у сфері нанотехнологій. Щорічно американські патенти становлять половину всіх патентів, поданих країнами-заявниками. У той же час країни Азії займають лідируючу позицію щодо кількості патентів на винаходи.

Слід зазначити, що необхідність розподілу на країни-заявники й країни-винахідники пояснюється різницею місцезнаходження компанії та місця проживання дослідника, що виникає в результаті дослідницьких візитів і маятникової міграції у межах регіону.

Так, значна кількість винахідників, зареєстрованих за місцем проживання в Азії, працює на американські компанії-заявники. Необхідно також припустити, що азійські дослідницькі центри, які є власністю американських компаній, самі не подають заявки на патентування, залишаючи цю функцію за штаб-квартирою компанії в Америці.

Цікаво, що різниця між кількістю патентів зменшилася у 2002 і 2003 р. Це свідчить про зміни у звичках здійснювати патентування або про збільшення активності азійських компаній-заявників. Спад патентування в американському регіоні свідчить про те, що піки світового нанотехнологічного патентування (див. рис. 4.1) викликані, головним чином, незвичайно великою кількістю американських компаній-заявників у 1999 і 2002 р.

У табл. 4.2 відображено активність патентування нанотехнологій (за напрямками) першою десяткою найбільш розвинених країн світу в 2003 р. Аналіз показує, що США є країною, яка найбільш активно патентує за кожним напрямом нанотехнологій, як у частині подання заявок на патенти, так і патентування винаходів. У той же час для країн, які йдуть після США за ранжиром, характерна зміна активності патентування залежно від напрямку нанотехнологій. Так, активність патентування в Німеччині, Франції й Канаді є вищою за напрямом нанобіотехнологій, Нідерланди й Швеція досягають більш високого рівня патентування у наноелектроніці, тоді як Бельгія й Тайвань мають високий рівень патентування за напрямом наноматеріалів. Швейцарія, зокрема, активна у патентуванні нанопристроїв, а Великобританія - нанооптики.

Таблиця 4.2

**Патентування нанотехнологій (за напрямками)
першою десяткою країн – світових лідерів у 2003 р.
(за країнами заявниками (КЗ) та країнами, що патентують винаходи (КП))**

Нанотехнології (y01n)		Нанобіотехнології (y01n2)		Наноелектроніка (y01n4)		Наноматеріали (y01n6)	
КЗ	КП	КЗ	КП	КЗ	КП	КЗ	КП
США 1136	США 1177	США 146	США 188	США 422	США 413	США 303	США 345
Японія 461	Японія 600	Німеччина 25	Німеччина 27	Японія 192	Японія 258	Японія 114	Японія 146
Німеччина 199	Німеччина 200	Японія 14	Японія 17	Німеччина 55	Німеччина 60	Німеччина 65	Німеччина 61
Великобританія 59	Південна Корея 73	Франція 11	Канада 12	Нідерланди 28	Південна Корея 40	Великобританія 21	Велика Британія 21
Франція 52	Великобританія 68	Канада 10	Великобританія 10	Південна Корея 24	Нідерланди 19	Франція 17	Південна Корея 21
Південна Корея 48	Канада 38	Італія 8	Франція 9	Канада 11	Швейцарія 12	Південна Корея 15	Тайвань 15
Нідерланди 37	Франція 37	Великобританія 6	Італія 9	Франція 10	Великобританія 11	Бельгія 8	Франція 14
Канада 32	Тайвань 29	Індія 6	Індія 6	Великобританія 8	Швеція 10	Тайвань 8	Канада 9
Італія 16	Нідерланди 29	Ізраїль 3	Ізраїль 4	Швеція 6	Тайвань 10	Канада 6	Бельгія 7
Тайвань 15	Швейцарія 21	Південна Корея 2	Південна Корея 4	Тайвань 5	Канада 10	Китай 5	Сінгапур 7
Сінгапур 13	Ізраїль 19	Нанопристрої (y01n8)		Нанооптика (y01n10)		Наномagnetизм (y01n12)	
Бельгія 13	Швеція 19						
Швейцарія 13	Італія 19	КЗ	КП	КЗ	КП	КЗ	КП
Китай 13	Сінгапур 17	США 103	США 106	США 171	США 162	США 214	США 191
Швеція 12	Бельгія 16	Японія 30	Японія 35	Японія 102	Японія 120	Японія 112	Японія 166
Ізраїль 12	Данія 14	Німеччина 21	Німеччина 19	Великобританія 26	Великобританія 25	Німеччина 29	Німеччина 27
Данія 10	Китай 14	Швейцарія 8	Швейцарія 9	Німеччина 16	Німеччина 18	Нідерланди 10	Південна Корея 7
Австралія 7	Австралія 10	Південна Корея 7	Південна Корея 8	Франція 10	Південна Корея 9	Франція 6	Нідерланди 5
Африка 7	Африка 7	Сінгапур 4	Сінгапур 4	Південна Корея 6	Канада 8	Південна Корея 5	Франція 3
Індія 6	Фінляндія 7	Швеція 4	Швеція 4	Канада 6	Данія 7	Китай 2	Китай 2
Фінляндія 5	Індія 6	Ізраїль 3	Ізраїль 4	Ізраїль 5	Італія 6	Індія 2	Фінляндія 2
Іспанія 3	Росія 5	Франція 3	Великобританія 3	Сінгапур 5	Сінгапур 6	Ізраїль 1	Ізраїль 2
Бразилія 3	Іспанія 4	Нідерланди 2	Франція 3	Данія 5	Ізраїль 5	Бразилія 1	Індія 1
Австрія 3	Кіпр 3	Іспанія 2	Нідерланди 3			Сінгапур 1	Бразилія 1
Росія 3	Бразилія 3	Китай 2					Сінгапур 1
Кіпр 2	Австрія 3						Бельгія 1
							Тайвань 1

На рис. 4.17 показано зростання патентної активності восьми країн-заявників у 1996-1999 рр. і 2000-2005 рр.

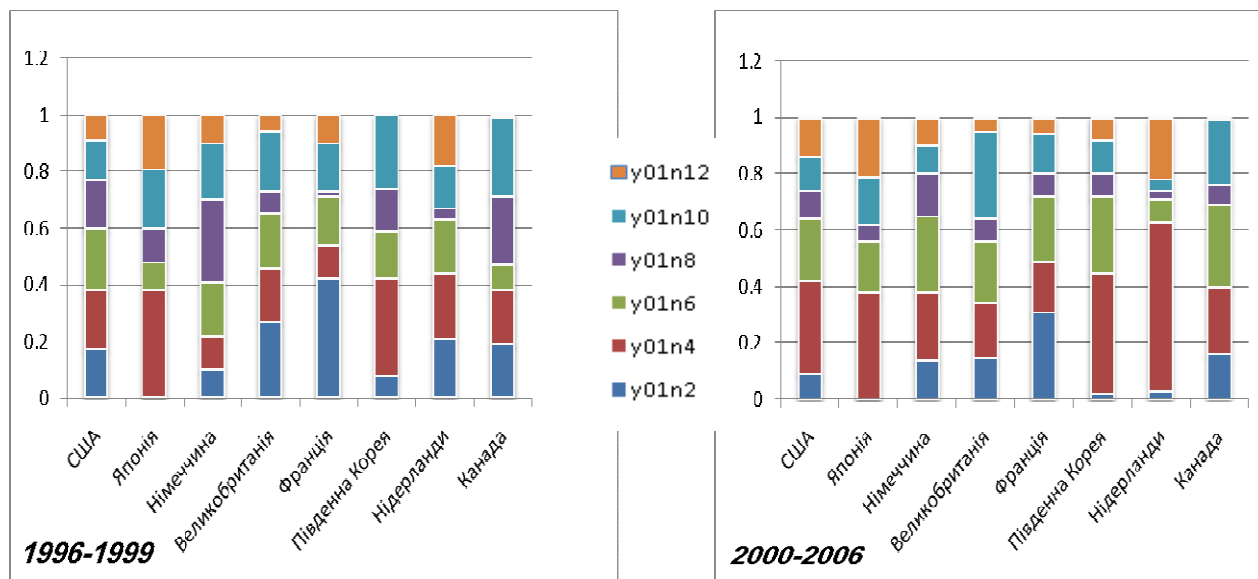


Рис. 4.17 Кількість нанотехнологічних патентів (за напрямом) у восьми країнах-заявниках відповідно до міток Y01N2-Y01N12¹⁷.

Порівняльний аналіз показників обох періодів свідчить, що в той час як у США патентна активність падала, Японія, Німеччина, Франція, Південна Корея й Канада збільшували кількість патентів за напрямом наноматеріалів. Німеччина, Південна Корея та особливо Нідерланди удосконалювали розвиток наноелектроніки, а Великобританія - нанооптики, Канада посилювала свої позиції за напрямом нанопристроїв, а Південна Корея - наномagnetизму. Цікаво, що кількість патентів у сфері нанобіотехнологій залишалася на тому ж рівні або зменшувалася у кожній з перерахованих країн. Середньорічні темпи приросту кількості нанотехнологічних патентів у восьми країнах-заявниках у 2003 р. показано на рис. 4.18.

Приріст кількості нанотехнологічних патентів у США є аналогічним приросту загальної кількості нанотехнологічних патентів у світі: їхнє значне збільшення припадає на пізні 1990-і, а зменшення - на ранні 2000-і. Володіючи 50 % всіх нанотехнологічних патентів, США впливають на світовий розвиток наносфери.

Протилежні тенденції є характерними для інших країн: невелике збільшення або навіть зменшення приросту кількості патентів (Франція, Нідерланди) у 1990-і та значний їхній приріст у 2000-і роки. Німеччина, Канада, Великобританія та особливо Нідерланди і Південна Корея демонструють зростання динаміки розвитку патентної активності в останній період.

¹⁷ Джерело інформації: ЄПВ, 2006.

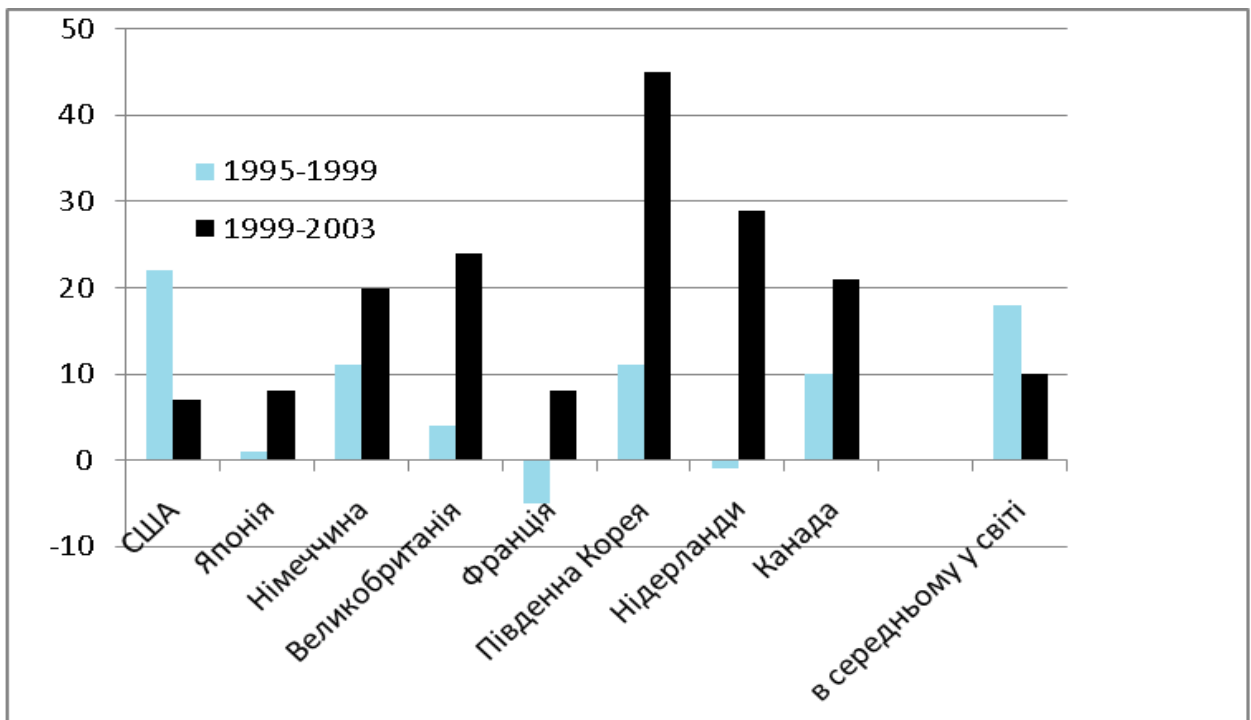


Рис. 4.18 Середньорічні темпи приросту кількості нанотехнологічних патентів у восьми країнах-заявниках в 2003 р. відповідно до спеціальної мітки Y01N¹⁸.

2 Наукова база нанотехнологій: наукові публікації й посилання.
 Наукові публікації є індикатором кількісного визначення переваги країни в тій або іншій науковій сфері. Проте у деяких випадках кількісні показники можуть увести в оману дослідника. Тоді виникає необхідність в індикаторах, що відбивають якість наукової праці та впливають на розвиток наукового співтовариства. До таких показників відносять наукові посилання.

Оцінка даних щодо кількості публікацій у сфері нанотехнологій за регіонами світу (рис. 4.19) показує, що тут Європа є лідером.



Рис. 4.19 Кількість наукових публікацій у сфері нанотехнологій в SCI базі даних за регіонами у 1992-1995 рр. і 1998-2001рр. (Поняття "Європа" – охоплює країни-члени і країни-асоційовані члени ЄС)¹⁹.

¹⁸ Джерела інформації: ЄПВ, 2006 і [35].

Порівняльний аналіз показує, що кількість наукових публікацій у Європі незначно зросла, у той час як кількість публікацій у США і Канаді зменшилася, а в "іншій Азії", тобто Китаї, збільшилася. Таким чином, можна зробити висновок, що Європа має більшу наукову базу публікацій у сфері нанотехнологій у порівнянні з її основними конкурентами, а "інша Азія" є регіоном, що найбільш динамічно розвивається в цьому напрямі.

Оцінка інформації щодо кількості публікацій за країнами і науковими дисциплінами дозволить конкретизувати проведені дослідження (рис. 4.20).

Аналіз показує, що США є лідером за кількістю публікацій з нанотехнологій – більше 18000 - з 1999 по 2004 р. За ними із значним відривом йдуть Японія та Китай. Найбільші європейські країни займають із четвертого по сьоме місця. Південна Корея, Канада й Іспанія завершують першу десятку країн-лідерів.

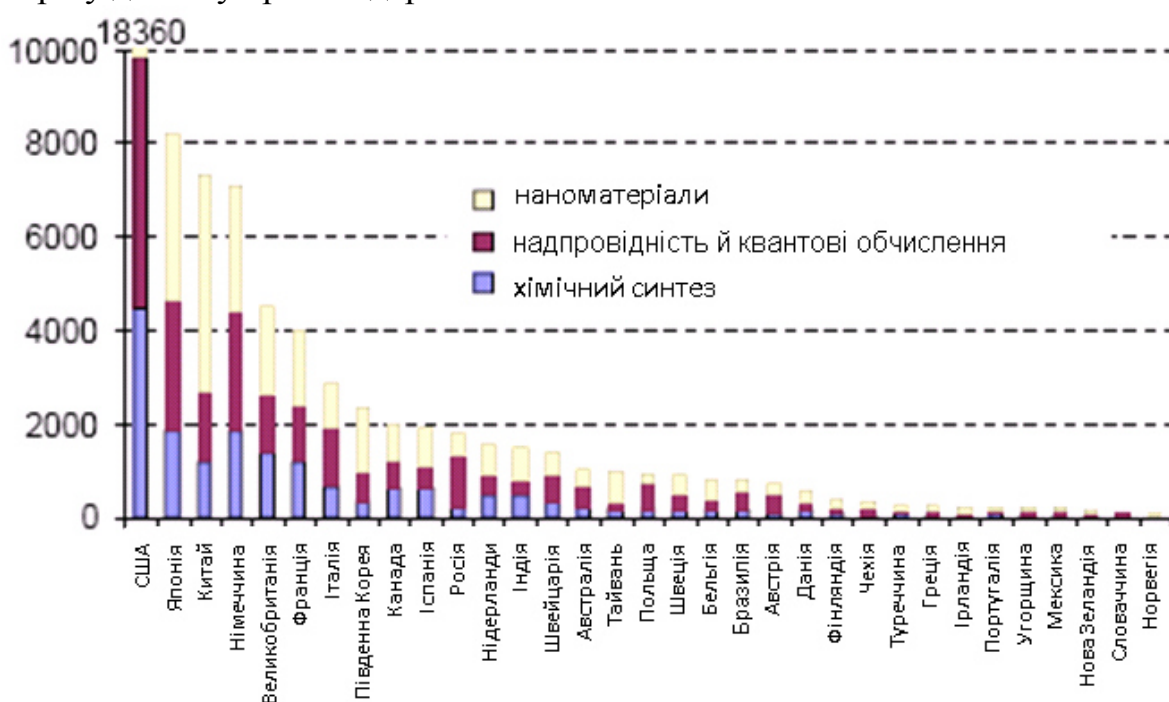


Рис. 4.20 Кількість наукових публікацій за напрямом нанотехнологій та країнами у 1999-2004 рр. (SCI база даних)²⁰.

Картина трохи змінюється, якщо оцінювати кількість публікацій за трьома науковими напрямом: хімічного синтезу, надпровідності й квантовими обчисленнями, а також наноматеріалами. Кількість публікацій у Німеччині за першими двома напрямом набагато перевищує кількість таких же публікацій у Китаї й є відповідною кількості публікацій у Японії, а в Великобританії й Франції аналогічною кількості публікацій у Китаї. У той же час Китай посідає друге місце після Японії в сфері розвитку наноматеріалів і перевершує у цьому напрямі США.

¹⁹ Джерело інформації: http://www.steunpuntoos.be/nanotech_domain_study.pdf.

²⁰ Джерела інформації: Igami, 2006, Science Citation Index 1999-2004. Аналіз виконаний NISTEP, 2006.

Слід зазначити, що не всі наукові публікації характеризуються високою якістю. У цьому зв'язку індикатором якості наукової статті, а, отже, її значимості й впливу на розвиток наносфери, може виступати кількість посилань на статтю.

У табл. 4.3 показано кількість посилань на статтю за країнами (в SCI базі даних) у 1990-2000 рр.

Таким чином, за кількістю нанотехнологічних публікацій і посилань на них лідерами є дві маленькі країни - Швейцарія й Нідерланди. Першу трійку лідерів замикають Сполучені Штати. Наступними найбільш активними країнами є Великобританія (представлена Англією й Шотландією); Франція, Японія й Німеччина перебувають посередині та йдуть за Канадою, Бельгією, Ірландією і Данією. Три країни, що найбільш динамічно розвивають у наносфері - Росія, Китай і Південна Корея, - завершуються список.

Таблиця 4.3

Кількість нанотехнологічних публікацій і посилань на них для перших 25 найбільш цитованих країн, які ранжуються за середньою кількістю посилань на статтю, в 1991-2000 рр. *

Країни	К-сть публікацій	Загальна кількість посилань	К-сть посилань на публікацію	Країни	К-сть публікацій	Загальна кількість посилань	К-сть посилань на публікацію
Швейцарія	792	8233	10.40	Іспанія	874	5131	5.87
Нідерланди	514	4767	9.27	Ізраїль	371	2063	5.56
США	9993	92108	9.22	Бразилія	245	1253	5.11
Канада	754	5707	7.57	Австрія	220	1103	5.01
Бельгія	382	2873	7.52	Італія	958	4585	4.79
Ірландія	131	926	7.07	Швеція	381	1729	4.54
Англія+Шотландія	1545	10325	6.68	Австралія	349	1508	4.32
ЕС-25	22069	145681	6.60	Індія	639	2005	3.15
Данія	217	1401	6.46	Польща	387	969	2.50
Франція	2673	17168	6.42	Росія	1708	4240	2.48
Японія	4251	26267	6.18	Китай	3168	7653	2.42
Німеччина	3634	22373	6.16	Південна Корея	579	1243	2.15

*Джерело інформації: Thomson ISI (база даних, 2001) на <http://www.esitopics.com/nano/nations/d1a.html>

Перелік найбільш цитованих країн у сфері нанотехнологій відображає таку закономірність. Якщо країна є англomовною або не має чітко визначеної мови, з огляду на кількість людей, які нею спілкуються, або країна є багатомовною, для неї властива тенденція розміщувати публікації у "світових журналах" англійською мовою. Це справляє більший вплив на розвиток наносфери, ніж публікації в журналах, орієнтованих на національну мову з меншим колом читачів і, відповідно, меншим впливом.

Головними цитованими журналами для нанонаукових статей є європейський "Nature" і американський "Science"²¹. Обидва журнали є

²¹ Джерело інформації: Thomson ISI база даних, 2001 - на <http://www.esitopics.com/nano/nations/d1a.html>.

багатоплановими, що підходить для розміщення в них публікацій з нанонауки. У той же час переважну більшість впливових журналів у даній сфері становлять журнали з хімії й фізики, а також із досліджень матеріалів. З основного переліку журналів лише "Nanostructured Materials" спеціально призначений для публікації статей у наносфері, хоча і характеризується незначним ступенем впливу.

Ці спостереження підтверджують міждисциплінарний характер нанонауки: публікація за нанотематикою може стосуватися багатьох дисциплін і, таким чином, мати найбільший вплив, - як у випадку публікації в "Nature" і "Science", або незначний - при публікаціях у загальних хімічних і фізичних журналах.

Крім того, редакції журналів високого рівня приймають до розгляду і публікації тільки високоякісні статті, що сприяє появі великої кількості посилань на них.

Можна також дійти висновку, що *ефективність розвитку наносфери у більшості європейських країн є неоднозначною. Європейські країни проявляють або значну активність у наносфері, або справляють на неї великий вплив, тоді як США одночасно є дуже активними і впливовими.*

При порівнянні кількості патентів і публікацій можна зробити два важливих висновки. *По-перше, Європа характеризується розосередженою базою знань і нанотехнологічних застосувань. По-друге, Сполучені Штати є еталоном науково-технічної переваги у наносфері. Цей висновок не новий, але він підкріплений доказами* [35;38].

Російські підходи до аналізу наукометричних індикаторів. Моніторинг і порівняльний аналіз процесів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів стали можливими на систематичній основі з появою доступу до світових інформаційних ресурсів (SCISEARCH, SCOPUS, БД US PTO і ін.), а також у результаті формування російських баз даних (Російського фонду фундаментальних досліджень, Роспатента тощо). Наукометричні дослідження в наносфері в РФ почали проводитись з 2006 р.

Розглянемо підходи російських експертів до проведення наукометричних досліджень щодо розвитку нанотехнологій в РФ та світі [28-29].

1 У процесі дослідження, проведеного експертами Федерального державного закладу Федерального інституту промислової власності (ФДЗ ФПВ) [29], використовувалися бази даних ФДЗ ФПВ, ключові слова, які стосуються нанотехнологій та наноматеріалів, а також слова-терміни, зокрема: адсорбційний шар, актюатор, асемблер, атомно-силовий мікроскоп, аерогель, бактеріофаг, гетероструктура, графен, кантилевер, каталіз, квант, квантова крапка, лазерна абляція, синхротрон, скануючий тунельний мікроскоп, вуглецева нанотрубка, фотонний кристал, фрактал, фулерен, фулерит, хіральність, цеоліти, ядерний магнітний резонанс, препрег, плазмаферез.

Експерти дійшли висновку, що використання ключових слів, які відображають специфіку нанотехнологій, дає певний результат, але вимагає

комплексного їхнього застосування й перевірки отриманого результату. Так наприклад, прийняту для нанотехнологій розмірність 10^{-9} визначено не 10 і не 20 років потому, а набагато раніше. В Енциклопедичному довіднику "Машинобудування", виданому у Москві у 1947 р. (т.1, кн.1, с. 324), під цією розмірністю визначено мілімікрон - 10^{-9} - "ммк" -тц. Ось чому дослідниками проведено пошук і за цією розмірністю або "мкн".

За результатами дослідження встановлено, що із середини 90-х років ХХ ст. видано більше ніж 6 тис. охоронних документів за тематикою нанотехнологій (табл. 4.4-4.5).

Таблиця 4.4

Динаміка патентування винаходів у наносфері в РФ у 1999-2008 рр.

Роки	Загальна кількість патентів	Всього патентів, що діють	Кількість патентів, що діють, російських патентовласників		Кількість патентів, що діють, зарубіжних патентовласників
			фізичні особи	юридичні особи	
1999	342	133	10	50	73
2000	289	117	15	50	52
2001	256	115	17	53	45
2002	323	184	14	92	78
2003	493	312	37	124	151
2004	510	344	36	141	167
2005	438	341	36	145	160
2006	577	458	53	175	230
2007	584	508	56	251	201
2008	856	852	110	467	275
Всього	4668	3364	384	1548	1432

**Динаміка патентування корисних моделей у наносфері в РФ
у 1999-2008 рр.**

Роки	Загальна кількість патентів	Всього патентів, що діють	Кількість патентів, що діють, російських патентовласників		Кількість патентів, що діють, зарубіжних патентовласників
			фізичні особи	юридичні особи	
1999	3	0	0	0	0
2000	3	2	0	2	0
2001	11	1	0	0	1
2002	5	2	1	0	1
2003	24	2	0	1	1
2004	39	9	1	8	0
2005	21	8	3	5	0
2006	46	24	8	13	3
2007	58	51	5	46	0
2008	49	48	11	37	0
Всього	259	147	29	112	6

Таким чином, протягом 1999-2008 рр. російським і зарубіжним заявникам видано 4668 патентів на винаходи за нанотехнологічною тематикою. Із цієї кількості патентів такими, що діють на цей час, є 1932 патенти російських патентовласників і 1432 – зарубіжних патентовласників. За цей же період видано 259 патентів на корисні моделі, з яких на цей час діють 147, з них 141 - належить російським і 6 – закордонним патентовласникам.

За десять місяців 2009 р. видано 196 патентів, з них 15 патентів на корисні моделі - російським заявникам.

Експертами встановлено, що спостерігається велике розсіювання патентних документів майже в 5 тис. рубрик МПК, зокрема у такий спосіб, %:

Розділ А - Задоволення життєвих потреб людини - 16,8.

Розділ В - Різні технологічні процеси; Транспортування - 14,9.

Розділ С - Хімія; Металургія - 45,5.

Розділ D - Текстиль; Папір - 2,8.

Розділ Е - Будівництво; Гірнична справа - 1,0.

Розділ F - Машинобудування; Освітлення; Опалення; Двигуни й насоси; Зброя й боєприпаси; Підливні роботи - 2,8.

Розділ G - Фізика - 8,7.

Розділ H - Електрика - 7,5.

На сьогодні Всесвітня організація інтелектуальної власності розглядає варіанти виправлення існуючої ситуації. Є пропозиції, у тому числі з боку Російської Федерації, увести доповнення в рубрики B82B 1/00 - наноструктури та B82B 3/00 - виготовлення або обробка наноструктур,

зробивши їх більш конкретизованими, завдяки введенню підгруп, які б характеризували, наприклад, галузеве призначення нанотехнологій. Такою є, американська патентна класифікація, у якій уведено спеціальний клас 977 - Нанотехнологія, що містить 264 підкласи, або класифікація ЄПВ, в якій уведено новий класифікаційний індекс Y01N із шістьма рубриками для виділення патентів за нанотехнологічною тематикою у базах даних esp@cenet [40].

2 У процесі дослідження, проведеного експертами [39], використовувалися дані Російського фонду фундаментальних досліджень (РФФД). Цей фонд реалізує ідею рівного доступу, конкуренції й участі наукового співтовариства у виборі дослідницьких пріоритетів, а також бере участь у фінансуванні фундаментальних проектів. Інформація, накопичена РФФД, служить підґрунтям для проведення наукометричних досліджень в РФ, а також для формування й реалізації федеральних цільових програм. За кількістю профінансованих проектів і кількістю їхніх учасників РФФД є другим у світі після Національного наукового фонду (ННФ) США.

Дані електронного банку РФФД включають у себе: зміст проектів і щорічні звіти про хід їхнього виконання (повні тексти); бібліографічну інформацію про публікації за результатами проектів; облікові відомості про організації, наукові колективи й окремих учених-учасників проектів. Шляхом статистичної обробки даних можна розрахувати кількісні й структурні параметри проведених проектних досліджень, показники їхньої результативності, а також характеристики інфраструктури, що забезпечує ці дослідження. Крім того, сам зміст проектів представляє джерело інформації для відстеження появи й динаміки нових наукових тематик, технологічного Форсайта.

Найпростішим засобом формалізованого аналізу контенту (суті) проектів може служити частотний термінологічний словник. Для побудови такого словника й відбору нанопроєктів російськими експертами були використані такі ключові терміни:

- слова, що починаються із терміну "нано", за винятком слів "наносекунда", "нанограм", "нанолітр", "нанопланктон", "нанокельвін", "нанос" деяких інших, що не стосуються визначеної проблематики;
- фулерен, фулерит, фулерид;
- квантова крапка, квантова яма, квантовий провідник;
- дендример.

На підставі ключових термінів, що містяться в назвах, експертами виділено 1857 проектів, профінансованих РФФД у 1993-2006 рр. Визначено, що за цей період у виконанні відібраних нанопроєктів брали участь понад 6800 дослідників. Учасниками проектів, що стартували в 2005- 2006 рр., були 4160 чол., більшість із яких продовжує працювати з даною тематикою і зараз. Вони об'єднані у 646 тематичних наукових груп і виконують проектні дослідження в 187 організаціях. За кількістю дослідницьких проектів лідирують:

- Московський державний університет - 62;

- Фізико-технічний інститут ім. А.Ф. Іоффе РАН (СПб.) - 45;
- Інститут фізики напівпровідників Сибірського відділення РАН (м. Новосибірськ) - 21;
- Санкт-Петербурзький державний університет - 21 [28].

Загалом, за оцінками російських експертів, інституціональна структура в цивільному секторі фундаментальної нанонауки РФ така: 58,8 % загальної кількості нанопроєктів, що стартували в 2005-2006 рр., припадає на частку інститутів РАН; 35,4 % - на частку вищих навчальних закладів (включаючи МДУ); 9,4 % - на частку державних наукових центрів і галузевих НДІ; 2,9% - на частку інших (включаючи комерційні) організацій.

Більша частина дослідницьких проєктів РФФД спрямована на вивчення наноматеріалів. Експертами були виділені такі наномасштабні "будівельні блоки", як наночастки, квантові крапки, фулерени, вуглецеві нанотрубки (ВНТ), дендримери. До них виявляється підвищений дослідницький інтерес у світі [28].

Індикатори публікаційної активності та посилань на публікації. Журнальні публікації є найціннішим матеріалом для аналізу масштабів, структури й джерел розвитку нанодосліджень. У цьому зв'язку російськими експертами в БД Science Citation Index (SCI) - базі даних номер один у наукометрії – було знайдено понад 70 тис. публікацій (статей, листів, оглядів, матеріалів конференцій), присвячених розглянутим типам наноматеріалів за період 1991-2006 рр. (рис. 4.21).

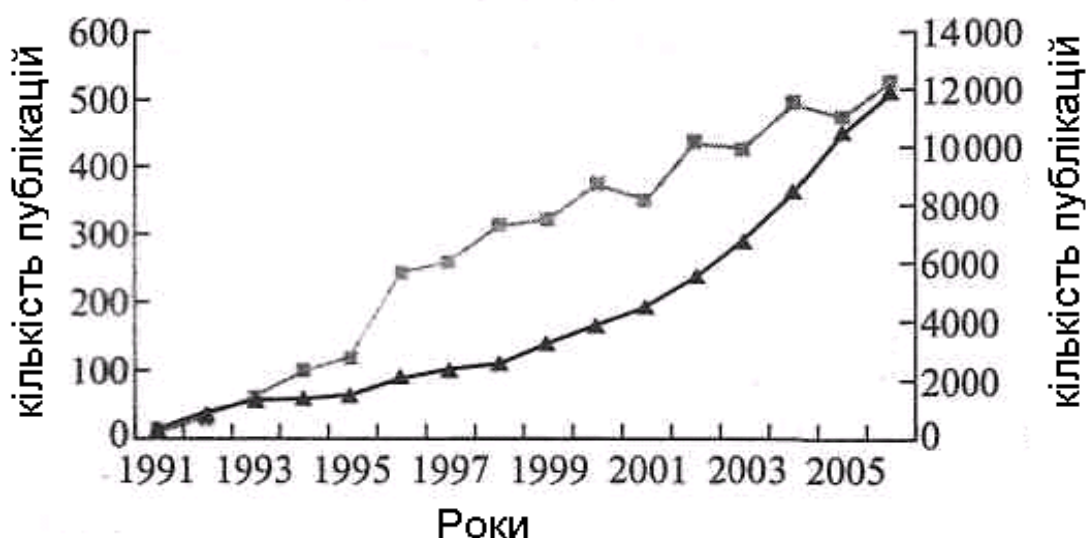


Рис. 4.21 Динаміка публікаційної активності щодо вивчення наноматеріалів (наночасток, квантових крапок, фулеренів, нанотрубок, дендримерів)²².

²² Пошук проведено за ключовими словами у назвах публікацій.

Аналіз свідчить про відмінність загальної динаміки зростання публікаційної активності російських і закордонних учених: у першому випадку це крива, що характеризується насиченням, у другому - експонента. Продовження даної тенденції вказує на скорочення РФ обсягів досліджень наноматеріалів, у той час як світова наука активно розвиває і продовжуватиме розвивати цей напрям (галузь). У цьому зв'язку, з точки зору експертів, цікавим є те, що частка цитованих російських наукових робіт з проблем наноматеріалів (табл.4.6) була вищою частки аналогічних загальних показників (за період 1991-2003 рр.) для таких галузей науки, як фізика (відсоток цитованих робіт - 53,1; середня кількість посилань - 3,04) і хімія (відсоток цитованих робіт - 33,4; середня кількість посилань - 0,95) [39; 41].

Російські публікації щодо розвитку наноматеріалів 2002-2006 рр. до 2009 р. у середньому цитувалися частіше російських публікацій за всіма тематичними напрямками хімії (класифікація БД SCI), а публікації за тематикою квантових крапок – за всіма тематичними напрямками фізики. Проте публікації з розвитку нанотрубок, наночасток і дендримерів поступалися за індексом цитування деяким напрямкам фізики, наприклад астрономії й астрофізиці, ядерній фізиці, де традиційно високою є питома вага експериментальних досліджень, які виконуються великими інтернаціональними колективами. Найбільш низьким (серед п'яти типів наноматеріалів) є індекс цитування російських публікацій за фулереновою тематикою, але й він перевищив індекс цитування публікацій у галузі фізики твердого тіла, прикладної фізики і всіх технічних галузей.

Таблиця 4.6

**Бібліометричні показники для російських публікацій
із наноматеріалів²³**

Вид наноматеріалу	Загальна кількість публікацій, відібраних в БД	Частка публікацій за участю російських авторів, %	Частка цитованих російських публікацій, %	Середня кількість посилань на одну російську публікацію
Наночастки	21185	3,46	67,8	6,1
Квантові крапки	13103	8,39	80,7	14,0
Фулерени	16616	12,39	73,8	5,7
Нанотрубки	17711	3,15	79,3	11,9
Дендримери	4300	3,793	71,0	10,1

Співвідношення кількості грантів РФФД і ННФ США (з урахуванням того, що середні розміри російського й американського гранту відрізняються в десятки разів), виданих на дослідження кожного з перерахованих типів наноматеріалів становить: для фулеренів - 1,88; для квантових крапок - 1,02;

²³ Джерело інформації: БД SCI.

для дендримерів - 0,57; для наночастинок - 0,40; для нанотрубок - 0,35 [37]. Розподіл грантів на дослідження фулеренів за роками показано на рис. 4.22 [39].

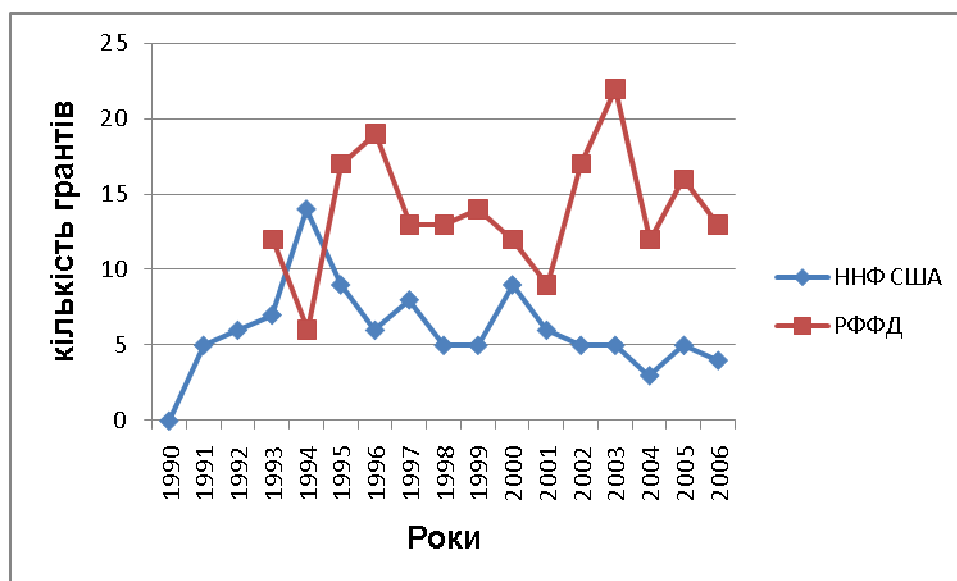


Рис. 4.22 Кількість виданих грантів на дослідження фулеренів [39].

Так, у США найбільшу кількість грантів (15, 10) видано відповідно в 1994 і 2001 р. У 2002-2004 рр. спостерігався спад до 3 грантів і незначне збільшення кількості грантів (до 5) за тематикою фулеренів до 2006 р. У Росії найбільша кількість грантів за цією тематикою видано в 1996 р. (20) і в 2004 р. (23). З 2005 р. у РФ, як і в США, спостерігається спад грантового фінансування досліджень фулеренів. У цьому зв'язку можна відзначити, що після прийняття США програми NNI помітно зросла кількість стартових проектів за напрямками наночастки, нанотрубки, квантові крапки, чого не можна сказати про проекти за тематикою фулеренів. У той же час проекти, присвячені фулеренам і нанотрубкам, продовжують займати провідні позиції в міжнародних дослідженнях наноматеріалів (рис. 4.23).

Значний інтерес, обумовлений незвичайними властивостями фулеренів, відкриває широкі можливості для їхнього прикладного використання. Відповідно до статистики, отриманої із БД SCI, у світовому "фулереновому проекті" з 1991 по 2003 р. взяли участь більше 75 країн. У десятку лідерів за публікаційним внеском увійшли США, Японія, Росія, Китай, Німеччина, Франція, Великобританія, Італія, Швейцарія й Індія.

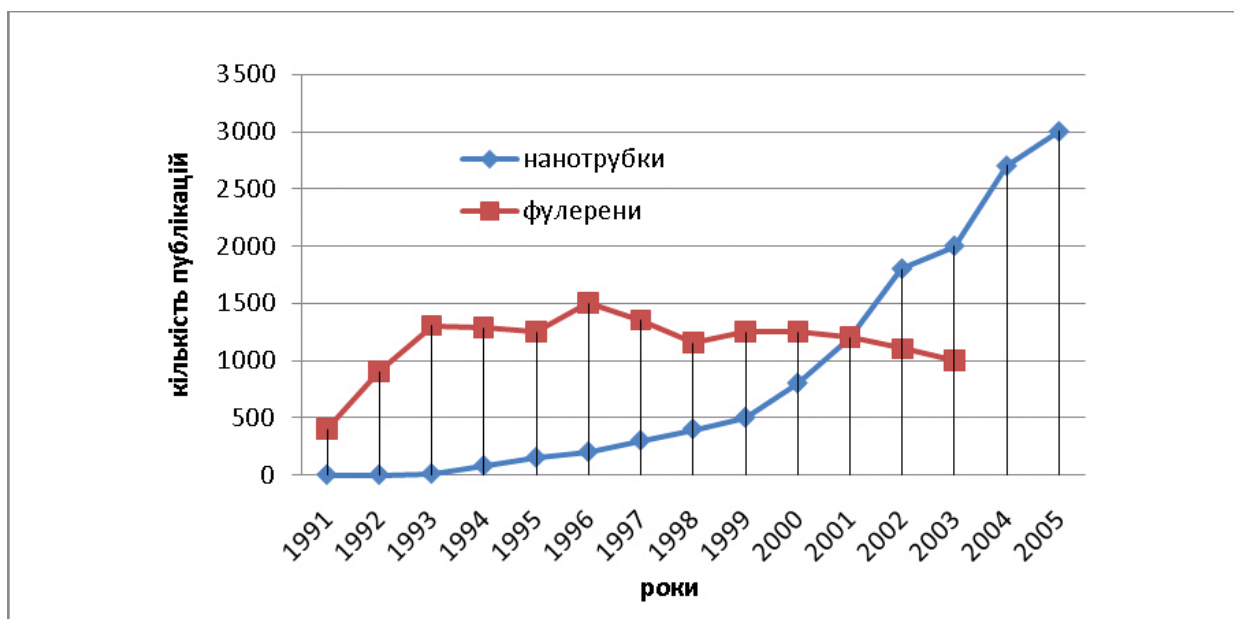


Рис. 4.23 Динаміка загальносвітових публікацій за напрямками розвитку нанотрубок і фулеренів²⁴.

Повномасштабна участь російських учених у *фулереновій проблемі* відноситься до початку 1990-х років. Важливу роль в цьому поряд з підтримкою РФФД, відігравав напрям "Фулерени та атомні кластери" у рамках державної науково-технічної програми "Актуальні напрями в фізиці конденсованих середовищ" (1993 р.). За її результатами вдалося сформувати національне співтовариство дослідників та наукові колективи, які рівноправно співпрацюють із закордонними колегами.

За кількістю робіт, що опубліковані за даним напрямом, Росія посіла третє місце у світі (рис. 4.24). Про рівень інтеграції у світову нанонауку за напрямом фулерени свідчить той факт, що більше 26 % журнальних публікацій за розглянутий період написано російськими вченими в співавторстві із закордонними колегами, зокрема з Німеччини, Великобританії та США.

²⁴ Джерело інформації: БД SCI.

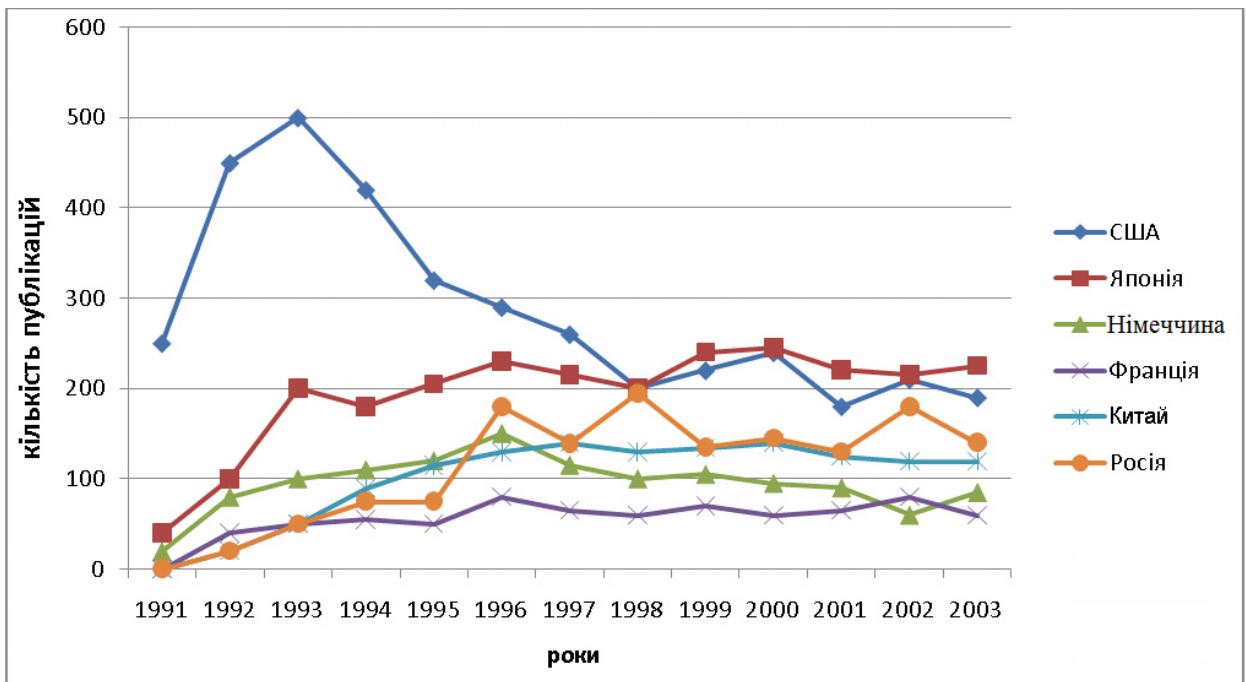


Рис. 4.24 Кількість робіт за напрямом фулерени, які щорічно публікуються, за країнами світу²⁵.

Крім того, дослідження російських учених супроводжуються прикладними розробками та досить високою винахідницькою активністю (рис. 4.25).

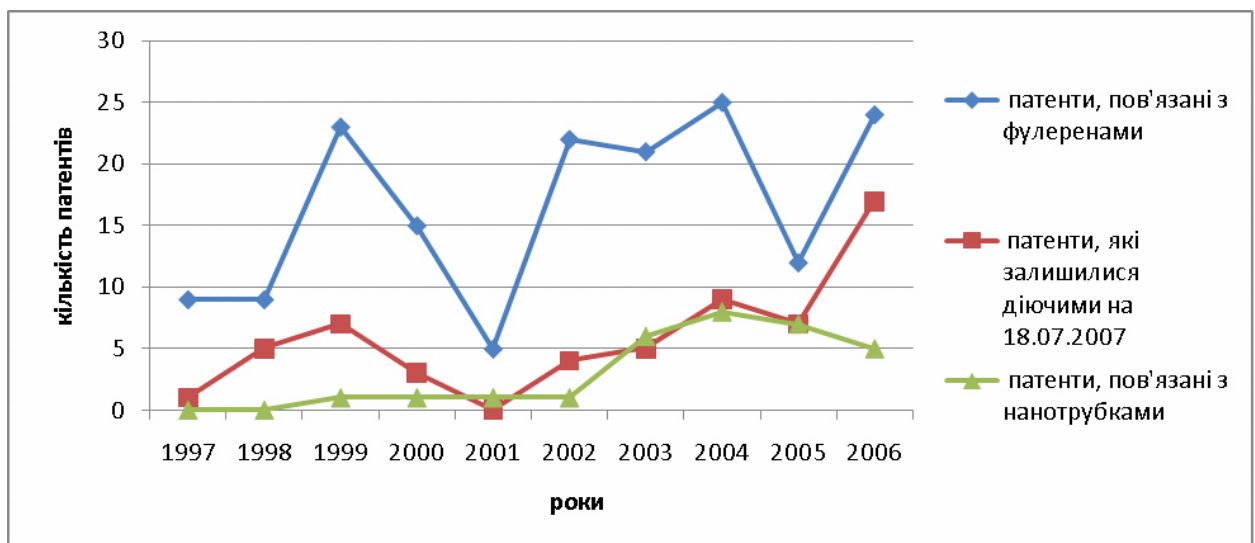


Рис. 4.25 Динаміка видачі російських патентів на винаходи.

Аналіз показує, що грантове фінансування фундаментальних досліджень сприяло створенню вітчизняної винахідницької бази за напрямом фулерени на початковому етапі. Для успішних російських розробок характерними є висока наукоємність, націленість на випередження, а не повторення закордонних результатів. До пріоритетних (за рівнем цитування,

²⁵ Джерело інформації: БД SCI.

наявності ключових патентів) можна віднести такі російські дослідження й розробки [39]:

- роботи з ультратвердого і надтвердого фулериту C_{60} (ФГУ "Технологічний інститут надтвердих і нових вуглецевих матеріалів" і Інститут спектроскопії РАН, м. Троїцьк). Пріоритет російських учених в сфері синтезу й застосування надтвердого матеріалу на основі фулериту C_{60} був закріплений чотирма російськими й американським патентом;

- винайдений ученими із НДІ лазерної фізики (СПб.) фулеренкиснево-іодний лазер може бути використаний у лазерній енергетиці для передачі сонячної енергії на більші відстані з високим КПД. Крім того, вивчаються перспективи його застосування для лікування раку й вірусних інфекцій;

- значним науковим потенціалом характеризується стаття російських учених (Фізико-технічний інститут РАН, СПб. та Інститут фізики високих тисків РАН, м. Троїцьк) та їхніх колег зі Швеції, Німеччині й Бразилії, опублікована в журналі "Nature" в 2001 р. Інтерес обумовлений прикладними можливостями відкриття феромагнітних властивостей полімеризованого фулерену для розробки систем зберігання даних нового покоління, створення легких неметалічних покриттів, що захищають авіаційні конструкції від електромагнітного випромінювання, радіоперешкод [39].

Світовий "фулереновий бум" привів до відкриття *вуглецевих нанотрубок (ВНТ)*: спочатку багатошарових - в 1991 р., потім одношарових - в 1993 р. [39]. За унікальними властивостями і потенціалом застосувань УНТ, що перевершують фулерени, викликали широкий дослідницький інтерес у світі. Цей інтерес посилювався після відкриття в 1992 р. методу одержання нанотрубок у графових кількостях. Починаючи з 2002 р., акцент щодо вивчення вуглецевих наноструктур перемістився з фулеренів на ВНТ (див. рис. 4.23).

Свій публікаційний внесок у напрям розвитку ВНТ внесли представники 72 країн. У десятку лідерів увійшли США, Китай, Японія, Південна Корея, Німеччина, Франція, Великобританія, Росія, Тайвань, Бельгія.

Після перших робіт, що належать японцям і росіянам, лідерство за кількістю публікацій упевнено захопили американські вчені. В останні роки реальну конкуренцію їм складають лише представники Китаю. Учені Південної Кореї опублікували свої перші роботи з ВНТ лише в 1997 р., проте в 2001 р. вони випередили Німеччину та вийшли на четверте місце у світі. Росія з 1999 по 2005 р. за кількістю щорічних публікацій займала не вище восьмого місця, а потім спустилася ще нижче, поступившись Тайваню та Італії. Серед найбільш продуктивних наукових організацій світу РАН посідає третє місце щодо вивчення нанотрубок після Академії наук КНР та Університету Синьхуа (КНР).

Частка публікацій за тематикою нанотрубок, що має міжнародне співавторство, зменшилася з 22,2 % в 1992-2002 рр. до 18,6 % в 2003-2005 рр. Найнижча за останні три роки спостереження частка публікацій з

міжнародним співавторством належить Китаю (16,9 %) і Тайваню (17,8 %). Для Росії цей показник становить 34,3 %, для США - 24,8 % [39].

Розглянемо такі бібліометричні показники, як *кількість посилань на публікацію* і *кількість цитувань*.

Зі 3390 світових публікацій за напрямом нанотрубки за 1992-2001 рр. до 2003 р. було процитовано 88,8 % при середній кількості посилань на одну публікацію 31,6. Для Росії аналогічні показники нижче: 80,2 % і 14,5 посилань відповідно. Характерно, що міжнародне співавторство підвищує показники цитування російських публікацій з 78,7 до 83,3 % для першого показника й з 8,7 до 25,2 посилань - для другого. Відсоток процитованих публікацій учених зі США склав 87,4, а середня кількість посилань на одну публікацію - 48,8.

Із робіт, процитованих 100 і більше разів, 68,5 % припадає на США. Далі йдуть Японія (16,7 %), Франція (8,3 %), Голландія (5,5 %), Великобританія (5,5 %), Швейцарія (4,8 %). Тільки одна публікація з російським співавторством увійшла в зазначений список. Із 10 публікацій (від 675 до 1400 посилань), що найбільше цитуються, 6 мають авторство/співавторство учених США, 3 - Голландії, 2 - Франції і Японії, 1 - Швейцарії й Бразилії. Таким чином, США є лідером майже за всім бібліометричними показниками. Вони практично першими перенесли акцент із вивчення фулеренів на ВНТ: Згідно з інформацією БД SCI в 2000 р. кількість публікацій американських учених з ВНТ уперше перевищила кількість публікацій за фулереновою тематикою, а в 2003 р. розрив склав уже рази.

Дослідження показали [39], що завдяки своїм феноменальним властивостям і сполученню цих властивостей ВНТ мають найширший потенціал застосувань: надміцні волокна, пряжа, тканина; композиційні матеріали; чипи пам'яті; логічні схеми; наносенсори; польові емітери; наноелектромеханічні системи; штучні мускули; паливні елементи; сховища для газів; сонячні батареї; іон-літєві батареї; суперконденсатори; адсорбенти; біодатчики; засобу для внутрішньоклітинної доставки ліків; матеріали для імплантатів і протезів; джерела рентгенівського випромінювання; електромагнітні екрани; матеріали оптоелектроніки; матеріали для каталізу; елементи майбутніх наномашин тощо. Така "всеїдність" нанотрубок, а також здатність уловлювати найважливіші тенденції в електроніці (прагнення до подальшої мініатюризації й мобільності), енергетиці (перехід до альтернативних джерел енергії), фармацевтиці й медицині (створення нових типів ліків і методів лікування) робить їх стратегічним матеріалом для нанотехнологій.

Високий комерційний потенціал ВНТ спонукає університети, урядові лабораторії, дослідницькі підрозділи корпорацій до встановлення широкого патентного захисту. Пошук у БД US PTO показав, що за період 1994-2007 рр. Патентним відомством США видано 953 патенти на винаходи, пов'язані з одержанням і застосуванням нанотрубок (близько 11 % загальної кількості знайдених у цій базі "нанопатентів"), причому кількість патентів, яка

щорічно видається, безупинно зростає. В Росії, починаючи з 1999 по 2007 р., видано всього 50 ВНТ-патентів, ця кількість більш ніж у три рази поступається кількості патентів за напрямом фулерени (див. рис. 4.22).

Якщо зворотним боком бурхливого росту патентування в США є "патентні хащі" (перекриваються патентні права, коли фірма, яка використовує винахід, вимушена одержувати ліцензії у багатьох патентовласників), то в Росії актуальними проблемами на цей час являються: необхідність стимулювання винахідницької активності в цій перспективній сфері, пошук ресурсів для підтримки дії патентів, протидія витоку патентоспроможних ідей тощо [39].

3 До заходів Роспатенту щодо патентно-інформаційного забезпечення розробок у наносфері, зокрема стосовно створення відповідної національної системи або забезпечення доступу до вже існуючих зарубіжних систем з метою проведення тематичного і бібліографічного пошуку патентів і патентних ліцензій, а також проведення постійного моніторингу подання заявок, на думку експертів [39], можна віднести проведення Роспатентом додаткової класифікації нановинаходів, а також забезпечення користувачів систематичним доступом до зарубіжних баз тематичного пошуку інформації.

Слід зазначити, що на цей час не існує відкритих або комерційних баз даних, які б дозволяли проводити статистичні дослідження для прогнозування в наносфері. Російські експерти вважають, що створення такої бази даних і проведення на її основі пошуку за запитами розробників дорожніх карт є на часі і потребує відповідного фінансування.

З метою забезпечення централізованого патентно-інформаційного забезпечення розробок у сфері нанотехнологій 125 організаціям національної нанотехнологічної мережі РФ надано безкоштовний доступ до повнотекстових баз даних щодо винаходів і корисних моделей, у тому числі: 49 організаціям, які виконують роботи на виконання Федеральної цільової програми "Розвиток інфраструктури наноіндустрії в Російській Федерації на 2008 - 2010 роки"; 36 державним науковим центрам; 33 науковим центрам РАН і 7 наукоградам [39].

На виконання вищезгаданих завдань Роспатентом розроблено проекти методичних документів, зокрема такі.

Методичні рекомендації щодо змісту і послідовності дій для здійснення правової охорони результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських і технологічних робіт (Методичні рекомендації щодо змісту й послідовності дій для придбання інтелектуальних прав) призначено для надання методичної допомоги при здійсненні правової охорони отриманих результатів інтелектуальної діяльності, у тому числі при виборі процедури патентування, заходів з правової охорони об'єктів у режимі комерційної таємниці, забезпеченні прав на комп'ютерні програми і топології інтегральних мікросхем.

Методичні рекомендації із забезпечення високого технічного рівня розробок і створення конкурентоспроможної продукції на основі патентної

інформації розроблено на основі нормативних і методичних матеріалів щодо проведення досліджень на базі патентної інформації.

У *Посібнику із проведення досліджень об'єктів техніки на патентну чистоту* розглянуто методику проведення основних видів патентних досліджень, у тому числі щодо визначення конкурентоспроможності й технічного рівня продукції, що створюється, тенденцій і перспектив розвитку визначених напрямів розробок, відбору найбільш конкурентоспроможних результатів інтелектуальної діяльності.

Ці методичні документи спрямовано на підвищення якості й конкурентоспроможності нанорозробок та призначені для використання організаціями, які входять в національну нанотехнологічну мережу. Необхідність їхнього розроблення обумовлено тим, що чинний державний стандарт (ДСТ Р15.011-96) лише декларує вимогу щодо дослідження патентної чистоти об'єктів техніки в загальному переліку робіт з патентних досліджень, тобто носить не обов'язковий характер. Експерти вважають, що розроблені рекомендації доцільно затвердити наказом Міністерства освіти і науки РФ. За таких умов вони матимуть обов'язковий характер і використовуватимуться організаціями, що входять до структури Міністерства.

У вищезгаданих рекомендаціях викладено методичні основи проведення патентних досліджень щодо визначення тенденцій розвитку конкретної технічної сфери, технічного рівня, рівня патентоспроможності й конкурентоспроможності нанорозробок.

Рекомендації містять такі положення:

- визначення тенденцій розвитку технічної сфери на основі патентних досліджень;
- відтворення нанотехнологій у патентних класифікаціях;
- створення моделі прогнозованої технічної сфери або виду техніки;
- визначення перспективності окремих напрямів техніки;
- визначення технічного рівня розробок на основі патентних досліджень;
- забезпечення патентоспроможності розробки;
- забезпечення конкурентоспроможності розробок, що створюються на основі патентної інформації.

Метою розробки *Посібника із проведення досліджень об'єктів техніки на патентну чистоту* є необхідність надати розробникам науково-технічної продукції, фахівцям і всім суб'єктам господарювання у сфері інтелектуальної власності та інноваційної діяльності відомості про принципи організації й методичні основи проведення досліджень патентної чистоти при створенні об'єктів техніки та їх введенні у господарський оборот.

Цей посібник містить основні поняття про експертизу об'єктів техніки на патентну чистоту, її зміст й методику проведення експертизи, організацію забезпечення патентної чистоти об'єктів техніки.

Посібник включає у себе такі положення:

- визначення поняття нанотехнологій;

- основні методичні положення експертизи на патентну чистоту;
- аналіз об'єкту експертизи;
- аналіз особливостей патентного законодавства країн експертизи;
- пошук і систематизація патентної документації;
- використання баз даних для пошуку патентних документів;
- загальні відомості про МПК;
- відбиття нанотехнологій у патентних класифікаціях;
- детальний аналіз відібраних патентів;
- перевірку об'єктів техніки щодо корисних моделей і промислових зразків;
- документальне оформлення результатів експертизи об'єкту техніки на патентну чистоту.

Використання розробленого Роспатентом комплексу методичних документів дозволить здійснювати процедури, пов'язані із правовою охороною результатів інтелектуальної діяльності, які створюються організаціями національної нанотехнологічної мережі, а також забезпечувати високий технічний рівень і конкурентоспроможність, що сприятиме розвитку наноіндустрії та підтримці науково-технологічного паритету Російської Федерації серед провідних країн світу.

Роспатентом також розроблено *Типове положення про патентний підрозділ для державного науково-освітнього сектору й організацій, що утворюють національну нанотехнологічну мережу* призначено для використання організаціями, які орієнтовно можуть входити в національну нанотехнологічну мережу. Розробку типового положення обумовлено тим, що існуючі нечисленні патентні підрозділи не мають чіткого уявлення про свою роль у діяльності організацій, а керівники останніх найчастіше не приділяють особливої уваги роботі патентних підрозділів щодо підвищення якості й конкурентоспроможності нанорозробок.

Крім того, Роспатентом розроблено і надано на розгляд Міністерства освіти і науки РФ пропозиції щодо внесення змін у форми чинної статистичної звітності щодо відбиття в них показників наносфери (наноіндустрії).

Підготовлено також пропозиції стосовно внесення змін і доповнень у Загальноросійський класифікатор продукції за видами економічної діяльності (ЗКПД). Зокрема, запропоновано доповнити ЗКПД розділом R - Продукція наноіндустрії (нанотехнологічна продукція) : XX.XX.XX.N продукція наноіндустрії (нанотехнологічна продукція) – висококонкурентоспроможна продукція (товари, роботи, послуги), яку вироблено з використанням нанотехнологій і яка отримала внаслідок цього раніше недосяжні техніко-економічні показники. Практична реалізація цих пропозицій дозволить ефективно вирішити поставлене завдання з мінімальними трудовими затратами і забезпечить можливість класифікації продукції наноіндустрії для цілей державної статистики.

На розгляд Міністерства освіти і науки РФ надано довідку про хід виконання у рамках міжнародного співробітництва робіт щодо вдосконалення розділу МПК, присвяченого нанотехнологіям.

Роспатентом підготовлено пропозиції щодо розроблення дорожніх карт для вирішення завдань розвитку наноіндустрії й виконання тактичних заходів із досягнення стратегічних цілей відповідної державної програми.

При цьому запропоновано при формуванні дорожніх карт проводити відповідний патентний тематичний пошук для кожного важливого вузла карти. Для знайдених патентів проводити (за потреби) додаткові бібліографічні пошуки патентних посилань, патентів-аналогів, запропонованих ліцензій тощо. Шляхом обробки статистики патентування у конкретній сфері створювати динамічні ряди для виявлення найбільш актуальних або активних напрямів розвитку технологій, їхньої екстраполяції й оцінки ймовірності їхньої реалізації, виявлення найбільш активних фірм-патентовласників.

Складено перелік суб'єктів господарювання російської економіки, що здійснюють патентування у наносфері (923 організації різних форм господарювання) [40].

Загальні проблеми патентування винаходів в Україні. До середини 90-х років Україна володіла доволі активним винахідницьким потенціалом. До 40 % винаходів колишнього СРСР мали українське походження. За кількістю винаходів відносно чисельності населення Україна майже не відставала від країн-лідерів. Проте як у минулому, так і зараз Україна значно відстає за показником зарубіжного патентування. На жаль, на цей час значна частина потенційно значимих вітчизняних винаходів, у тому числі винаходів за нанотематикою, заявляються за кордоном без визначення їх приналежності до України.

Кількість поданих заявок на винаходи за національною процедурою від українських заявників зменшилася з 2004 по 2008 р. з 4085 до 2823, або на 30,9 %. Найбільш суттєве зниження кількості поданих заявок у порівнянні із попереднім роком спостерігалось у 2008 р. внаслідок збільшення діючих ставок зборів за патентування винаходів та корисних моделей, які відповідно до постанови Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до Порядку сплати зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності" від 19.09.2007 р. № 1148 (постанова вступила у дію 16.05.2008 р.) збільшені до 35 разів. У цілому патентна активність національних заявників у поданні заявок на видачу патентів на винаходи та у видачі патентів на винаходи (на 1 млн. населення) в Україні в останні 3-4 роки приблизно у 2 рази нижча, ніж в Росії. Відставання України за показником патентної активності від розвинених країн ще значніше. Так, відносний показник кількості патентів, торгових марок і промислових зразків України у порівнянні з ЄС становить орієнтовно (внаслідок часткової відсутності даних) 0,1 % [42].

Не відповідає потребам забезпечення оновлення технологічної бази держави та зростанню конкурентоспроможності вітчизняної економіки формування бази чинних патентів на винаходи, оскільки **станом на 1 січня 2009 р. кількість 20-річних патентів становила близько 23 тис.**, причому із загальної кількості **національним заявникам належить не більше половини, або близько 210-220 патентів на 1 млн. населення** [42].

Українським інститутом промислової власності за новою уточненою методикою (за ключовими словами) проведено аналіз патентування винаходів і корисних моделей за нанотехнологічною тематикою, зареєстрованих протягом 2005-2009 рр. (табл. 4.7), який показує, що **загальна кількість вітчизняних патентів на нововинаходи не перевищує 50** (із тенденцією незначного рівномірного зростання кількості патентів), **а на корисні моделі - 200**. При цьому суттєве зростання кількості нанопатентів на корисні моделі (більше ніж у 10 разів) спостерігалось у 2008 р. у порівнянні з 2005 р., а вже 2009 р. (внаслідок збільшення діючих ставок зборів за патентування) характеризувався спадом патентної активності. (Переліки нанопатентів на винаходи і корисні моделі, зареєстрованих у 2005-2009 рр., наведено у додатку 1).

Таблиця 4.7

Кількість патентів на винаходи і корисні моделі за напрямом „Нанотехнології”, зареєстрованих в Україні у 2005–2009 рр.

Категорія	Всього	у тому числі за роками				
		2005	2006	2007	2008	2009
Винаходи	48	1	9	11	13	14
Корисні моделі	189	7	14	29	80	59

Для порівняння: кількість патентів на нововинаходи у 2005-2008 рр. в Російській Федерації становила 2455 (дані за 2009 р. є відсутніми) (див. табл. 4.4-4.5) [40], що перевищує кількість українських патентів, зареєстрованих за цей же період, у 74 рази. У той же час кількість патентів на корисні моделі в Росії за вказаний період становила тільки 174 [40], що незначно відрізняється від українського показника - 130. Таким чином, **активність патентування вітчизняних нанорозробок за категорією корисних моделей є досить високою і гідною порівняння з відповідними показниками найближчих сусідів**.

Водночас українські експерти відзначають, що в подальшому найсерйозніші проблеми можуть виникнути зі збільшенням значень показників патентної діяльності. З огляду на теперішній низький рівень та галузеву спеціалізацію економіки України, буде важко вийти на рівень, який відповідатиме навіть 50-відсотковому рівню середньоєвропейських показників за найближчі 10 років. **Важливою складовою вирішення проблеми могла б стати державна підтримка зарубіжного патентування найбільш вагомих результатів, зокрема у наносфері**.

Проте це формально суперечить зобов'язанням України у рамках домовленостей СОР [42].

5 Досвід окремих країн світу щодо розвитку нанотехнологій

5.1 Сполучені Штати Америки

5.1.1 Організаційно-адміністративна система координування діяльності в наносфері

У 2001 р. федеральним урядом США прийнято інвестиційну програму розвитку НДДКР у сфері нанонауки, нанотехнологій - Національну нанотехнологічну ініціативу - National Nanotechnology Initiative (NNI). Відповідно до цієї програми розвиток нанотехнологій визнано найвищим національним пріоритетом, внаслідок чого створено багаторівневий механізм координації діяльності у цій сфері [43].

Так, НДДКР у наносфері США координують 11 федеральних міністерств і агентств (які є відповідальними за розвиток різноманітних сфер знань) у рамках відповідних відомчих підпрограм. Ще 11 федеральних міністерств і агентств беруть участь у програмі у якості партнерів або фінансують програму у формі внеску (так званого "інкайнду"). У результаті програма NNI набула міжвідомчого і міждисциплінарного характеру із загальною координацією цілей і пріоритетів, а також розподілу бюджетних асигнувань на нанодослідження і нанорозробки.

Стратегічним завданням американської програми визначено досягнення вже до 2010 р. світового лідерства у наносфері, тому головною метою NNI є надання фінансової підтримки розвитку фундаментальних і прикладних досліджень і розробок міждисциплінарного характеру із федерального бюджету. Програма також стимулює дослідження соціальних аспектів застосування нанотехнологій, включаючи етичні, гуманітарні, юридичні, екологічні й інші проблеми.

Організаційну структуру системи координації, що охоплює нанотехнологічну тематику, відображено на рис 5.1.

У 2003 р. Конгресом США прийнято Закон про дослідження й розробки у наносфері в XXI ст. (Nanotechnology 21st Research and Development Act of 2003 - P. L. 108-153). При цьому створено Національну консультативну групу експертів із нанотехнологій - National Nanotechnology Advisory Panel (NNAP), основною функцією якої є проведення (раз на два роки) оцінки виконання NNI та підготовка пропозицій щодо її вдосконалення. У липні 2004 р. функції NNAP покладено на Президентську раду з питань науки і технологій - President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST).

З огляду на те, що програми НДДКР у наносфері є міждисциплінарними і міжвідомчими, PCAST утворив Технічну консультативну групу - Technical Advisory Group (TAG), що складається із 45 експертів у наносфері, що представляють різні галузі науки й промисловості.

У травні 2005 р. групою підготовлено першу доповідь "Національна нанотехнологічна ініціатива за п'ять років: оцінки й рекомендації NNAP", представлені Президентською радою з питань науки і технологій"²⁶.

Національну раду з питань науки і технологій - National Science and Technology Council (NSTC) створено у 1993 р. Вона є основним координуючим органом у сфері реалізації федеральних науково-технологічних пріоритетів і програм міждисциплінарного й міжвідомчого характеру. Фактично NSTC виконує функції, аналогічні функціям кабінету міністрів, і представляє свого роду віртуальне агентство з питань науки і технологій, головою якого є президент, а членами - віце-президент США, директор управління науково-технологічною політикою адміністрації



Рис. 5.1 Система координування діяльності у наносфері у рамках програми NNI²⁷ [43].

²⁶ National Nanotechnology Initiative at Five Years: Assessment and Recommendations of the National Nanotechnology Advisory Panel. Submitted by the U.S. President's Council of Advisors on Science and Technology, May 2005.

²⁷ Джерело: Матеріали NSTC і Федеральний закон Public Law 108-153, 108th Congress, 15 USC 7501. 21st Century Nanotechnology Research and Development Act. December 3, 2003.

президента, міністри й керівники агентств. NSTC координує діяльність всіх міністерств і агентств федерального уряду в науково-технологічній сфері, формуючи комплексний інвестиційний пакет уряду США у наносфері.

У структуру NSTC входять чотири комітети:

- 1) Комітет з питань навколишнього середовища і природних ресурсів (9 підкомітетів);
- 2) Комітет з питань внутрішньої та національної безпеки (6 підкомітетів);
- 3) Комітет з питань технологій (9 підкомітетів);
- 4) Комітет з питань науки (14 підкомітетів).

У функції всіх комітетів і підкомітетів включено відбір загальнонаціональних пріоритетів, координацію міжвідомчих базових і прикладних досліджень, головним чином у сфері високих технологій (нано- і біотехнологій, інформаційно-комунікаційних технологій, водневої енергетики тощо). Комітети NSTC готують загальнонаціональні стратегії розвитку НДДКР, зокрема у наносфері, які координують участь усіх федеральних агентств у реалізації NNI.

До основних функцій NSTC, крім координування науково-технологічної політики, входить також сприяння міжнародному науково-технологічному співробітництву в міждисциплінарній і міжвідомчій сфері. Всі міністерства і агентства мають представляти в NSTC бюджетні заявки на НДДКР, які розглядаються, виходячи із загальнонаціональних цілей і завдань. Потім вони передаються в Адміністративно-бюджетне управління - Office of Management and Budget (OMB) для узгодження пакету бюджетного фінансування загальнонаціональних, міжвідомчих і міждисциплінарних НДДКР, у тому числі із нанотехнологій у рамках NNI.

Управління з науково-технологічної політики адміністрації президента - Office of Science and Technology Policy (OSTP) створено у 1976 р., і відповідно до Закону "Про національну науково-технологічну політику" його діяльність полягає у підготовці для президента США й співробітників адміністрації пропозицій щодо впливу науки і технологій на внутрішню й зовнішню політику.

Крім того, OSTP координує розробку і реалізацію міжвідомчої науково-технологічної політики за програмами НДДКР, співпрацюючи із приватним сектором, місцевими органами влади й науковим співтовариством. OSTP залучає різні центри й науково-дослідні установи, у тому числі із приватного сектору (наприклад, Rand Corp.), для проведення досліджень і підготовки доповідей, на основі яких формуються пріоритети, цілі та завдання науково-технологічної політики, включаючи наносферу.

Директор OSTP є радником президента США з питань науки і технологій, співголовою PCAST, а також виконує обов'язки президента NSTC за його відсутності.

OMB допомагає президентові США в розробці й реалізації загальної політики, у тому числі у сфері науки й технологій, включаючи NNI,

розглядає питання бюджетних асигнувань міністерствам і агентствам, у тому числі на програми НДДКР у сфері нанотехнологій.

Підкомітет з питань нанонауки, інжинірингу й технологій - Nanoscale Science, Engineering, and Technology Subcommittee (NSET) перейняв на себе функції раніше діючої Міжвідомчої робочої групи з питань нанонауки, інжинірингу і технологій.

Підкомітет NSET Національної ради з питань науки і технологій координує плани, бюджети й програми 25 федеральних міністерств і агентств у рамках NNI. В підкомітеті організовано декілька робочих груп:

- із вивчення впливу нанотехнологій на навколишнє середовище й здоров'я людини - Nanotechnology Environmental and Health Implications (NEHI WG);
- із зв'язків із промисловістю (Industry Liaison WG);
- із нановиробництва (Nanomanufacturing WG);
- із зв'язків із громадськістю (Public Engagement WG).

Членами Підкомітету NSET є такі міністерства й агентства:

1) Комісія США з питань безпеки споживчих товарів - U.S. Consumer Product Safety Commission (CPSC) є незалежним агентством, яке співпрацює з Підкомітетом NSET і його Робочою групою щодо вивчення впливу нанотехнологій на навколишнє середовище й здоров'я людини, а також із приватними організаціями з питань виробництва й використання наноматеріалів;

2) Міністерство внутрішньої безпеки - Department of Homeland Security (DHS);

3) Міністерство оборони США - Department of Defense (DOD);

4) Міністерство енергетики - Department of Energy (DOE);

5) Міністерство торгівлі - Department of Commerce (DOC), включаючи Бюро з промисловості й безпеки - Bureau of Industry and Security (BI), Національний інститут стандартів і технологій - National Institute of Standards and Technology (NIST)²⁸, Бюро патентів і торговельних марок - United States Patent and Trademarks Office (USPTO);

6) Міністерство юстиції - Department of Justice (DOJ);

7) Міністерство транспорту - Department of Transport (DOT);

8) Агентство з охорони навколишнього середовища – U.S. Environmental Protection Agency (EPA);

9) Міністерство охорони здоров'я і соціального забезпечення – U.S. Department of Health and Human Services (DHHS);

10) НАСА;

11) Національний науковий фонд - National Science Foundation (NSF);

12) Міністерство сільського господарства – U.S. Department of Agriculture (DOA) тощо. Національне управління з координування у сфері нанотехнологій – National Nanotechnology Coordination Office (NNCO), яке

²⁸ При NIST на цей час створено Центр з питань нанонауки і нанотехнологій - Center for Nanoscale Science and Technology (CNST) з метою забезпечення науки й промисловості засобами виміру, інструментами й стандартами.

створено в 2001 р. на виконання меморандуму про взаєморозуміння між вісьмома агентствами, що брали участь на той час у реалізації NNI. Це управління здійснює міжвідомче координування діяльності робочих груп підкомітету NSET і надає йому адміністративно-технічну підтримку, поширюючи інформацію й сприяючи трансферу й комерціалізації результатів федеральних НДДКР у наносфері.

У штаті національного управління знаходиться сім осіб, включаючи директора із загальних питань і директора із зв'язків із громадськістю, двох аналітиків у сфері науково-технологічної політики, менеджера проектів, системного адміністратора і секретаря.

Директор NNCO є представником будь-якого федерального агентства в Національній раді з питань науки і технологій. Разом з підкомітетом NSET і Радою національних академій наук (Council of the National Academies) випускає раз у три роки огляд за результатами реалізації програми NNI та надає підсумкові оцінки Конгресу США.

Основні функції NNCO полягають у плануванні й розподілі бюджетних ресурсів на реалізацію різних елементів NNI, управління координує діяльність федеральних органів виконавчої влади (відповідальних за реалізацію NNI) з нанотехнологічною діяльністю регіональних і місцевих органів влади, а також університетів, промисловості, професійних спілок, зарубіжних організацій, в яких бере участь США.

Одночасно із цим управління готує друковану продукцію підкомітету NSET і підтримує інтернет-сайт NNI. Важливий елемент діяльності NNCO – це організація міжнародного співробітництва й оцінка зарубіжних НДДКР у сфері нанотехнологій.

Американський центр нанотехнологічної підготовки - American Nanotechnology Preparedness Center (ANPC) і Центр з виробництва наноматеріалів - Centre for Nanomaterials Manufacturing (CNM) створено відповідно до Закону про НДДКР у наносфері в XXI ст.²⁹ у 2003 р. для підтримки й координації цієї діяльності. До основних функцій ANPC віднесено:

- проведення досліджень, координація, збір і поширення інформації із соціальних, екологічних, освітніх, юридичних й інших проблем, що виникають у результаті застосування нанотехнологій;
- ідентифікацію проблем, що виникають при використанні нанотехнологій для здійснення відповідних НДДКР, і підготовки рекомендацій щодо запобігання виникненню таких проблем.

До функцій Центру CNM слід віднести такі:

- здійснювати й координувати нанодослідження, а також збирати й розповсюджувати інформацію з нових технологій (включаючи мембранну сепарацію), які використовуються для виробництва наноматеріалів, наноустаткування і наносистем за наявності нових комбінацій таких

²⁹ Public Law 108-153, 108th Congress, 15 USC 7501. 21st Century Nanotechnology Research and Development Act., December 3, 2003.

характеристик наноматеріалів, як міцність, твердість, щільність, провідність, вогнестійкість;

- розробляти механізми трансферу нанотехнологій у промисловість США [43].

5.1.2 Інформаційно-аналітичне забезпечення NNI

Підкомітет NSET Національної ради з питань науки і технологій на початку формування програми NNI у 2000 р. підготував доповідь "Національна нанотехнологічна ініціатива та план її реалізації"³⁰ (на основі іншої доповіді "Нанотехнологічна ініціатива: зайняти провідне місце в промисловій революції, яка відбудеться")³¹, яка стала аналітичним обґрунтуванням бюджетного фінансування нанодосліджень (495 млн. дол.) для президента США на 2001 фінансовий рік.

В 2005 р. підкомітет NSET підготував доповідь "Національна нанотехнологічна ініціатива: наукові дослідження й розробки, що приведуть до революції в технологіях і промисловості"³² (на додаток до бюджетних заявок у сфері нанодосліджень на 2006 р.), у якому описується діяльність за 2005 р. і плани міністерств і відомств федерального уряду на 2006 р. у рамках програми NNI. Доповідь базується на новому Стратегічному плані NNI⁴³, що був підготовлений в 2004 р., і планах інвестицій на 2006 р. відповідно до програмних компонентів - Program Component Areas (PCAs), які обговорювалися в Законі P. L. 108-153 про нанотехнології в XXI ст.

У Стратегічному плані NNI 2004 р. визначено мету і стратегію досягнення прориву в наступні 5-10 років, з урахуванням пропозицій від академічних і промислових кіл й федеральних органів влади, що ідентифікують міждисциплінарні теми та пріоритети в рамках NNI. Зазначений план NNI також описує інвестиційну стратегію та різні категорії інвестицій, що відповідають програмним компонентам.

Відповідно до закону P. L. 108-153 від 2003 р. до функцій Національної консультативної групи експертів з нанотехнологій NNAP/PCAST належить аналіз реалізації програми NNI кожні два роки з підготовкою відповідних рекомендацій. У 2005 р. зазначеною групою підготовлено доповідь із оцінкою виконання програми за 2000- 2004 рр.³³

³⁰ National Nanotechnology Initiative. The Initiative and its Implementation Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology. Washington D. C. July 2000.

³¹ National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution

³² National Nanotechnology Initiatives. Research and Development Leading to a Revolution in Technology and Industry. Supplement to the President's FY 2006. Report prepared by Nanoscale Science, Engineering and Technology Subcommittee, Committee on Technology, National Science and Technology Council. March 2005

³³ National Nanotechnology Initiative at Five Years: Assessment and Recommendations of the Na

Міністерство національної безпеки разом з управлінням з науково-технологічної політики адміністрації президента США розробляють аналітичні та науково-дослідні матеріали щодо забезпечення безпеки США, а національний план НДДКР на підтримку захисту критичної інфраструктури³⁴ виконує координуючу функцію в наносфері. У 2002 р. національні академії наук США опублікували огляд [43] з питань реалізації NNI, що підтримав цю програму й позитивно оцінив координаційну діяльність підкомітету NSET³⁵.

5.1.3 Цілі та пріоритети програми NNI

Стратегічний план реалізації науково-технологічних програм NNI містить пріоритети і плани реалізації загальнонаціональних цілей у наносфері усіма міністерствами і агентствами, включаючи фінансування програм і проектів і застосування на практиці результатів НДДКР. План орієнтує кожного учасника на здійснення власних програм у сфері нанотехнологій з координацією на міжвідомчому й міждисциплінарному рівнях.

Протягом трьох років до прийняття стратегічного плану підкомітет NSET провів 17 тематичних семінарів для експертів з метою визначення пріоритетної тематики напрямів використання нанотехнологій та наноматеріалів, а також виявлення соціальних наслідків їх застосування, узгодження інтересів органів влади штатів і місцевих органів влади у наносфері. У вересні 2004 р. на підсумковому семінарі із представниками академічних і промислових кіл, міністерств і відомств розглянуто результати попередніх семінарів і остаточно визначено стратегічні цілі й пріоритети Національної нанотехнологічної ініціативи:

- 1) підтримка на світовому рівні програм НДДКР у наносфері, повна реалізація можливостей нанотехнологій та наноматеріалів;
- 2) сприяння трансферу нанотехнологій у виробництво інноваційних продуктів для економічного зростання, створення робочих місць тощо;
- 3) удосконалення системи освіти, залучення й підготовка професійної робочої сили, створення інфраструктури та інструментів, зокрема соціальних, для розвитку нанотехнологій, націлених на їх просування в соціально-економічну сферу;
- 4) підтримка розвитку нанотехнологій.

Зазначені цілі включають у себе короткий і чіткий опис сучасного стану й перспектив конкретної сфери діяльності, а у відповідному розділі

tional nanotechnology Advisory Panel. Submitted by the President's Council of Advisors on Science and Technology. May 2005.

³⁴ The National Plan for Research and Development in Support of Critical Infrastructure Protection. The Executive Office of the President, Office of Science and Technology Policy. The Department of Homeland Security, Science and Technology Directorate. 2004.

³⁵ Small Wonders, Endless Frontiers. National Academies. US 2002.

комплексного плану запропоновано шляхи реалізації кожної загальнонаціональної мети. Наприклад, у рамках першої загальнонаціональної мети вказано, що NNI фінансує широкий спектр міждисциплінарних НДДКР, причому 65 % цих ресурсів надається університетам та міністерствами і агентствами, які одержують держбюджетні асигнування в рамках програми NNI, через механізм грантів, укладення угод про проведення спільних НДДКР - Cooperative Research and Development Agreement (CRADA) і контрактів, а 25 % ресурсів реалізується через лабораторії й науково-дослідні установи, що мають федеральну форму власності. Близько 10 % коштів іде на фінансування нанодосліджень і нанорозробок у наукомістких малих й середніх приватних фірмах.

Національний науковий фонд фінансує весь спектр базових нанодосліджень і відповідну інфраструктуру, зокрема діяльність різних інформаційних центрів і мереж. Так, в 2005-2006 рр. за кошти фонду створено Центр із проблем ієрархічного нановиробництва, Центр нанотехнологій у суспільстві, Центр нанотехнологічної неформальної наукової освіти. Ці центри формують на національному рівні науково-дослідну й освітню платформу у наносфері.

Прийнято стратегічний план реалізації першої із зазначених загальнонаціональних цілей:

- фінансування фундаментальних досліджень наноструктур, а також НДДКР у наносфері на рівні, достатньому для виникнення інноваційних ідей;

- фінансування синергетичних досліджень на перетині декількох дисциплін, пов'язаних із нанотематикою, через науково-дослідні центри наносфери;

- акцент на інтеграції фізичних і біологічних наук, нових наноінструментів, розробленні уніфікованого інструменту моделювання й візуалізації в наносфері, нових підходах до формування і практичного використання наноструктур, нановиробств, включаючи наноасемблери;

- формування чітко вивірених цілей нанотехнологічних НДДКР у рамках кожного програмного компоненту і міжвідомчих нанотехнологічних НДДКР;

- розроблення і прийняття програм прискорення створення інженерних платформ для застосування нанотехнологій на доконкурентній стадії інноваційного циклу (нанотрубок для електромеханічного й електронного устаткування, дендримерів для хімічних, фармацевтичних і конструкційних матеріалів, модульних компонентів для нановиробництва);

- стимулювання міжнародної науково-технологічної діяльності в наносфері (за основною участю дослідників зі США), розширення програм обміну студентами й ученими зі ступенями, спонсорське фінансування міжнародних конференцій з питань розвитку нанотехнологій, спрощення процедури надання віз для учасників міжнародних науково-технічних обмінів тощо.

Нанотехнологічні НДДКР фінансуються за трьома основними напрямками:

- 1) фінансування індивідуальних дослідників;
- 2) фінансування групи дослідників (наприклад, NSF 20 % своїх інвестицій у рамках NNI витрачає на фінансування міждисциплінарних наукових груп у наносфері);
- 3) створення науково-дослідних і освітніх центрів у наносфері - NSF створив 17 таких центрів, Міністерство оборони - 3, НАСА – 4 центри [32].

Загальну схему нанотехнологічних центрів і мереж у США наведено на рис. 5.2.

5.1.4 Програмні компоненти – PCAs

Стратегічний план NNI містить опис основних категорій інвестицій у сферу програмних компонентів - PCAs. У той час як NNI дає загальне уявлення та опис структури Стратегічного плану NNI, PCAs визначають напрями інвестування, що є критичними для реалізації стратегічних цілей, а саме напрями міжвідомчого фінансування і реалізації нанотехнологічних НДДКР, включаючи використання їх результатів.

Федеральний закон Р. L. 108-153 визначає PCAs як основні тематичні напрями, у рамках яких групуються відповідні проекти NNI, тобто фактичний механізм їх координації, на основі якого підкомітет NSET і федеральні органи виконавчої влади одержують можливість визначати обсяги інвестицій у ті або інші критичні напрями нанотехнологічних НДДКР.

Крім того, PCAs допомагає агентствам, що фінансують НДДКР, цілеспрямовано проводити свою діяльність: на базі PCAs міністерства й агентства планують щорічний обсяг інвестицій у нанотехнологічні НДДКР, який включається у щорічні доповнення до бюджету на реалізацію NNI.

Ще у 2000 р. у Плані реалізації NNI⁴⁷ визначено дев'ять головних викликів, які кореспондуються з найбільшою кількістю критичних напрямів використання нанотехнологій у найближчій, середній і віддаленій перспективі³⁶.

У 2004 р. у Стратегічному плані NNI головні виклики скоректовано, внаслідок чого залишилися сім критичних напрямів застосування нанотехнологій у різноманітних сферах економіки. Ці напрями корелюються із цілями й завданнями практичного використання нанотехнологій міністерствами й агентствами, що беруть участь у реалізації NNI, включаючи комерціалізацію нанотехнологій і виробництво нанопродуктів.

³⁶ National Nanotechnology Initiative. The Initiative and its Implementation Plan. National Science and Technology Council, Committee on Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering and Technology. Washington D.C. July 2000.

Транспорт електронів у молекулярних наноструктурах (Колумбійський ун-т) Наноструктурні системи в інформаційних технологіях (Корнелльський ун-т) Нанонаука в біологічному і екологічному інжинірінгу (Ун-т У. М. Раїса) Інтеграція нанозображень та розпізнавання образів (Північно-західний ун-т) Наносистеми та їхнє застосування в обладнанні (Гарвардський ун-т)		Наука и технології екстремального ультрафіолетового випромінювання (Штат Колорадо) Масштабування та інтегрування нановиробництва (Каліфорнійський ун-т в Лос-Анджелесі) Центр нановиробничіх систем (Ілінойський ун-т) Нанотехнологічна комп‘ютерна мережа	Матричний синтез и збирання на нанорівні (Ун-т в Вісконсіні) Молекулярні функції в нанобіоінтерфейсах (Пенсильванський ун-т) Високошвидкісне нановиробництво (Північно-східний ун-т у Бостоні) Економічна наноінженерія біомедичної апаратури (Ун-т штату Огайо) Інтегральні наномеханічні системи (Берклі) Зондування на нанорівні (Стенфордський ун-т) Навчання з нанонауки и наноінженерії (Північно-східний ун-т у Бостоні)				
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Інститут з нанонаук (Науково-дослідна лабораторія ВМФ) Інститут нанотехнологій (Массачусетський технологічний інститут) Інноваційна нанонаука у сфері оборони (Каліфорнійський ун-т в Санта-Барбарі)			Дослідження миметичного простору на клітковому рівні (Каліфорнійський ун-т в Лос-Анджелесі) Інтелектуальні біо- і наноструктури для космічних апаратів (Ун-т А&М в Техасі) Біоконтроль, проектування и постачання багатофункціональних нанокompозитних матеріалів (Принстонський ун-т)			Наука про нанофазні матеріали: (Окриджська національна лабораторія) Молекулярне лиття (Національні лабораторії в Берклі і Лос-Аламосі) Інтегрування нанотехнологій (Лабораторія космічних нанотехнологій МТІ) Наноматеріали (Аргонська національна лабораторія) Функціональні наноматеріали (Брукхавенська національна лабораторія)	

Рис. 5.2 Напрями діяльності наноцентрів і наномереж у рамках програми NNI.

5.1.5 Міжвідомче і міждисциплінарне координування в рамках NNI

Система координування цілей і завдань, планів і стратегій Національної нанотехнологічної ініціативи, що включає одержувачів бюджетних ресурсів і виконавців НДДКР, формує міжвідомчий і міждисциплінарний механізм визначення пріоритетів для бюджетного фінансування програм NNI та має три рівні взаємозв'язаних функціонально-цільових підсистем:

- 1) підсистема цілі NNI – напрями програмних компонентів;
- 2) підсистема напрямів програмних компонентів - функціонально-цільові завдання міністерств і агентств;
- 3) підсистема застосування нанотехнологій - сфери застосування, що є взаємно пересічними і відповідають інтересам міністерств і агентств.

У цілому NNI забезпечує збалансовану і скоординовану інвестиційну стратегію в рамках визначеного спектру напрямів застосування нанотехнологій із урахуванням інтересів міністерств і агентств.

Перший рівень координації Стратегічного плану NNI визначає сім основних тематичних напрямів PCAs для інвестиційних асигнувань:

- 1) явища і процеси фундаментального характеру на нанорівні;
- 2) наноматеріали;
- 3) нанообладнання і наносистеми;
- 4) вимірювальна апаратура для досліджень, метрології й стандарти для нанотехнологій;
- 5) нановиробництво;
- 6) придбання основного устаткування і вимірювальної апаратури для проведення нанодосліджень;
- 7) соціальні наслідки застосування нанотехнологій.

Для міждисциплінарної та міжвідомчої координації, націленої на інвестиційні пріоритети, використовується метод порівняльного аналізу критичних, первинних і вторинних пріоритетів при реалізації загальнонаціональних цілей NNI.

Другий рівень координації порівнює первинні й вторинні пріоритети міністерств і агентств, що відповідають їх функціям і завданням за напрямками програмних компонентів. Таким чином, другий рівень координує інтереси федеральних міністерств і агентств, прив'язуючи їх до напрямів NNI, що визначаються PCAs.

На *третьому рівні координації*, як відзначалося вище, підкомітетом NSET прийнято вісім напрямів застосування нанотехнологій. Якщо другий рівень є пов'язаним з формуванням інвестиційної стратегії у сфері нанотехнологічних НДДКР, то третій рівень - із трансфером і комерціалізацією нанотехнологій, розроблених у результаті проведення міждисциплінарних і міжвідомчих нанотехнологічних НДДКР. Необхідно відзначити, що Стратегічний план NNI передбачає практичне використання

результатів НДДКР за кожним напрямом всіма міністерствами і агентствами [43].

5.1.6 Управління пріоритетними проектами NNI

Програму NNI націлено на довгострокові дослідження, спрямовані на створення наноструктурних матеріалів і систем виробництва шляхом маніпулювання на молекулярному й клітинному рівнях. На 2006 р. у рамках програми встановлено цілі й пріоритети (що не є статичними і постійно переоцінюються на відповідних семінарах, фінансованих NSET), зокрема:

- 1) розширення меж знань щодо явищ і процесів на нанорівні для реалізації системного наноконтролю за речовиною;
- 2) дослідження, що сприяють проектуванню ієрархічно структурних матеріалів і ефективному нановиробництву;
- 3) посилення акценту на дослідженнях наноструктур і складних наносистем;
- 4) нанобіосистеми і медицина;
- 5) силіконова нанoeлектроніка та перспективи її розвитку;
- 6) наноінструменти, метрологія й стандарти;
- 7) проблеми екології, охорони здоров'я й безпеки, розробка інструментарію для досліджень в сфері екології та токсичності;
- 8) освіта і проведення тренінгу молодих працівників для майбутніх галузей промисловості;
- 9) етичні й інші соціальні проблеми, що виникають у результаті розроблення і застосування нанотехнологій;
- 10) установа сучасного наукового устаткування і забезпечення його функціонування;
- 11) посилення ролі промисловості в нанотехнологічній революції.

NNAP разом з технічною консультативною групою TAG проведено опитування експертів на тему коротко-, середньо- і довгострокових нанотехнологічних програмних пріоритетів і можливої тематики проектів НДДКР. За результатами опитування визначено таке.

Короткострокові пріоритети (1-5 років):

- нанокompозитні матеріали з високим співвідношенням міцність/вага, покращеними показниками твердості й інших характеристик;
- наномембрани і фільтри для очищення й опріснення води;
- удосконалені каталізатори, що зменшують вміст дорогоцінних металів в емульсіях;
- швидко реагуючі, селективні, надійні напівпровідникові хімічні й біологічні сенсори;
- мобільне медичне діагностичне устаткування;
- перезарядження батарей із тривалим терміном дії.

Середньострокові пріоритети (5-10 років):

- цільова лікарська терапія;
- ефективна медична візуалізація;

- високоефективні сонячні елементи (фотоелементи) за доступними цінами;

- удосконалені паливні елементи;

- ефективні технології для одержання водню з води;

- технології із зв'язування вуглецю при очищенні емісій.

Довгострокові пріоритети (10-20 і більше років):

- постачання лікарських препаратів через клітинні стінки;

- молекулярна електроніка;

- нейронне протезування при лікуванні паралічів, сліпоти та інших захворювань;

- перетворення енергії термічних і хімічних джерел.

У 2005 р. Управління науково-технічної політики адміністрації президента США поширило меморандум для всіх федеральних органів влади, які є відповідальними за розвиток науки і технологій, про вибір наукового керівника проектів НДДКР міждисциплінарного характеру, зокрема з нанотехнологій. У меморандумі визначено, що в 2003 р. Національна рада з питань науки і технологій через підкомітет із моделювання бізнесу у сфері досліджень – Research Business Models Subcommittee (RBM) Комітету з питань науки узагальнила експертні висновки про зростаючу кількість міждисциплінарних наукових досліджень, які спільно проводяться ученими різних галузей науки.

Це опитування показало, що для управління сучасними комплексними проектами НДДКР потрібно більше одного наукового керівника, при цьому дослідники можуть працювати в інститутах, що підпорядковані різним міністерствам і агентствам. У першу чергу це стосується таких напрямів досліджень, як нанотехнології, воднева енергетика, біотехнології, інформаційно-комунікаційні та інші дослідження у сфері високих технологій.

Опитування також показало, що на цей час для реалізації конкретного комплексного проекту НДДКР (у рамках науково-технологічних програм міністерств) відсутня практика запрошення наукових керівників із науково-дослідних установ інших міністерств, а в деяких випадках це взагалі заборонено.

У зв'язку з цим для розвитку координації в сфері НДДКР міністерства й агентства при реалізації комплексних проектів НДДКР за національними пріоритетами видають дозволи на призначення двох і більше керівників проектів НДДКР, які фінансуються з державного бюджету через механізм надання грантів або укладання контрактів. При цьому наявність керівників досліджень із різних міністерств і агентств породжувало проблему лідерства окремих науково-дослідних установ, у зв'язку із чим розроблено відповідні критерії лідерства і принципи розподілу відповідальності між науковими керівниками міжвідомчого й міждисциплінарного проектів НДДКР [43].

5.1.7 Бюджетне фінансування програми NNI

Програма NNI підтримує передові фундаментальні й прикладні дослідження у наносфері, створюючи міждисциплінарні центри передових технологій (centers of excellence) і загального розвитку науково-дослідної інфраструктури. У цілому NNI націлена на одержання практичних результатів в галузі медицини, промислового отримання високоефективних матеріалів, інформаційних і енергетично (екологічно чистих) технологій. Програма також підтримує діяльність, пов'язану із дослідженням соціальних наслідків застосування нанотехнологій, включаючи етичні, юридичні, гуманітарні й екологічні проблеми.

NNI має у своєму складі вісім основних компонент (підпрограм): фундаментальні дослідження щодо нанорозмірних явищ і процесів, наноматеріали, наноінструменти та наносистеми, нанометрологія та наностандарти, нановиробництво, нановимірювальна апаратура, навколишнє середовище, здоров'я та їх захист, освіта та соціальний вимір³⁷.

На цей час уряд США витрачає щорічно близько 2 млрд. дол. США на проведення нанодосліджень і нанорозробок (табл. 5.1), які в підсумку склали близько 14 млрд. дол. США. 25 агенств США беруть участь у виконанні програми NNI. Крім зазначених у табл. 5.1 міністерств і агенств США, що є

Таблиця 5.1

Бюджетне фінансування програми NNI за міністерствами і агенствами, млн. дол. США*

Федеральні міністерства і агенства	2001	2005	2006	2010	2011
Національний науковий фонд	150	338	344	428,7	412,1
Міністерство оборони	125	257	230	439,6	415,4
Міністерство енергетики	88	210	207	373,8	380,8
Міністерство охорони здоров'я та соціального обслуговування	40	145	147	456,8	456,8
Міністерство торгівлі	33	75	75	114,7	95,9
НАСА	22	45	35	19,7	20,1
Міністерство сільського господарства	0	3	8	13,2	13,2
Агенство з охорони навколишнього середовища	5	5	5	17,7	17,6
Міністерство юстиції	1	2	2	0,2	0,0
Міністерство внутрішньої безпеки	0	1	1	21,9	12,3
ВСЬОГО	464	1 081	1 054	1912,8	1850,3

*Джерело інформації: National Nanotechnology Initiative. Research and Development Funding in the President's 2006 Budget. Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President, National Nanotechnology Initiative. Research and Development Funding in the President's 2012 Budget: [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.nano.gov/NNI_2012_budget_supplement.pdf

³⁷ The National Nanotechnology Initiative. Supplement to the President's 2011 Budget: [Електронний ресурс] / Режим доступу: www.nano.gov

головними в міжвідомчих проектах NNI, ще 15 агентств фінансують відповідні НДДКР в інших міждисциплінарних проектах NNI, що стосуються винятково сфери діяльності будь-якої федеральної організації, і беруть участь у координаційній діяльності.

Наприклад, у табл. 5.2 наведено дані по Національному науковому фонду (NSF), як одному з найбільших отримувачів бюджетних ресурсів на проведення в наносфері фундаментальних і прикладних досліджень за широким спектром наукових і інженерних дисциплін [32], в яких будуть задіяні близько 10000 студентів і викладачів.

Таблиця 5.2

**Напрями фінансування NNI Національним науковим фондом
США, млн. дол.***

Напрямок	2004	2005	2006	2010	2011
Біологічні науки	5,31	47,00	49,00	56,67	56,6
Комп'ютери, інформаційні науки	17,56	18,48	12,00	12,95	11,0
Інжиніринг	108,88	127,7	127,77	152,5	148,0
Геонауки	7,94	7,94	9,00	0,85	0,85
Математичні й фізичні науки	111,48	132,1	141,54	199,11	190,59
Відділ міжнародної науки й інжинірингу	0,00	0,26	0,00	1,36	-
Соціальні, біхевіористські й економічні	2,59	1,56	1,56	1,73	1,67
Освіта і людський ресурси	2,29	3,07	2,90	3,5	3,5
Разом	256,05	338,2	343,77	428,67	412,21

*Джерело інформації: American Association for the Advancement of Science. AAAS REPORT XXXI. Research and Development FY 2007; FY 2012 Budget Request to Congress. NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE: [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.nsf.gov/about/budget/fy2012/pdf/35_fy2012.pdf

На 2011 фінансовий рік заплановано інвестиції за всіма напрямками програмних компонентів NNI, але найбільший обсяг фінансування призначено для проектів програмного компоненту – фундаментальні дослідження щодо нанорозмірних явищ і процесів (521,6 млн. дол. США), а також програмних компонентів – наноінструменти та наносистеми (507,5 млн. дол. США) та наноматеріали (328,8 млн. дол. США). Значні кошти виділяються також на створення нановимірювальної апаратури (188,7 млн. дол. США), на дослідження у сферах “нанометрологія та наностандарти” (83,6 млн. дол. США) і “попередження соціальних наслідків застосування нанотехнологій і наноматеріалів для екології та здоров'я нації” (85,6 млн. дол. США).

Найбільші обсяги бюджетних ресурсів розподіляються через Міністерство охорони здоров'я, особливо за напрямом “наноінструменти і наносистеми” (244 млн. дол. США). Національні інститути охорони здоров'я (НИН), підпорядковані цьому міністерству, використовують нанотехнології у біомедичних дослідженнях на перетині біології й фізики, зокрема при лікуванні ракових захворювань. Крім того, Національним інститутом професійних захворювань і безпеки праці – National Institute of Occupational

Safety and Health (NIOSH) проводяться дослідження з безпеки робочих місць у зв'язку із застосуванням нанотехнологій.

Міністерство оборони США основну увагу приділяє фундаментальним дослідженням та розробленню наноустаткування і наносистем, необхідних для виконання поставлених перед міністерством завдань. 43,4% коштів, які отримує це міністерство, призначаються фундаментальним дослідженням (180,1 млн. дол. США), ще 35% - розробленню наноустаткуванню і наносистем (145,3 млн. дол. США).

Міністерство енергетики і підпорядковані йому науково-дослідні центри у 2011-2012 рр. основну увагу приділятимуть питанням штучного фотосинтезу, біоенергетики і синтетичної біології, а також наноелектроніки. Найбільшу частку коштів призначено на виконання програмних компонентів “наноматеріали” – 120,5 млн. дол. США, “фундаментальні дослідження” – 103,2 млн. дол. США і “ нановимірювальна апаратура” – 105,8 млн. дол. США. На створення нанотехнологій для сонячної енергетики виділяється у 2011 р. 65 млн. дол. США, у 2012 р. - 79,2 млн. дол. США. Крім Міністерства енергетики у цих дослідженнях братимуть участь у 2011 р. Міністерство торгівлі (3,8 млн. дол. США), а у 2012 р. ще й НАСА (2,0 млн. дол. США) та Національний науковий фонд (32 млн. дол. США).

Національний інститут стандартів і технологій Міністерства торгівлі отримує значну частку бюджетних витрат через програму сучасних технологій – Advanced Technology Program (ATP).

Стратегічний план NNI описує цілі програм і діяльність, спрямовану на досягнення цих цілей, включаючи інвестиційну стратегію, а також завдання і цілі міністерств і агентств.

Планування програм NNI припускає обов'язкове проведення НДДКР у напрямі попередження соціальних наслідків застосування нанотехнологій та наноматеріалів для екології та здоров'я нації. Результати цих НДДКР ураховуються NNAP поряд з відповідними науково-технологічними досягненнями у наносфері, при цьому NNI ідентифікує існуючі й майбутні соціальні наслідки.

Оцінка результатів діяльності США у розвитку наносфери за останні роки показала, що для зростання американської економіки на базі нанотехнологій і зайняття країною відповідної ніші в рамках глобальної конкуренції необхідно підготувати працівників, здатних не тільки проводити НДДКР, але й виробляти нанопродукти. З іншого боку, NNAP визнала, що для формування попиту на цю продукцію необхідно підготувати суспільство до споживання нанотехнологічної продукції, яка повинна бути безпечною для здоров'я населення. Тому особливий акцент у програмі NNI зроблено на етичних, нормативних (розроблення стандартів) і юридичних проблемах споживання нанопродукції.

Очікується, що в найближчій перспективі обсяги інвестування наносфери приватним сектором випереджатимуть обсяги фінансування урядом США. З цією метою уряд сприяє розвитку співробітництва федеральних лабораторій із промисловими нанотехнологічними компаніями і

фірмами, тим самим прискорюючи процес трансферу й комерціалізації нанотехнологій, а також ухвалює відповідні заходи для того, щоб інтелектуальна власність у наносфері залишалася в межах США [43].

5.1.8 Нормативно-правове регулювання наносфери

Стратегічні пріоритети в наносфері та бюджетні асигнування на їх розвиток одержали нормативно-правову підтримку після прийняття в 2003 р. Закону про НДДКР у сфері нанотехнологій XXI ст.³⁸

Ці пріоритети охоплюють широку міждисциплінарну сферу науково-технологічної й інноваційної діяльності, стосуються практично всіх сфер економіки, а також торкаються соціальних аспектів життя суспільства [32].

У статті 2 зазначеного закону визначено, що президент США відповідає за реалізацію програми, використовуючи для цього відповідні агентства, ради й NNCO. У законі визначено структуру програми NNP, що складається із таких базових елементів:

- цілі і пріоритети, а також механізми оцінки результатів НДДКР, що контролюються федеральними органами влади;
- фінансування федеральних програм НДДКР у наносфері, спрямованих на досягнення розроблених цілей і пріоритетів;
- міжвідомча координація діяльності в рамках даної програми.

Програма NNP включає:

- 1) проведення базових досліджень з метою визначення фундаментальних основ матерії, що дозволить маніпулювати речовиною на нанорівні;
- 2) надання грантів дослідникам і міждисциплінарним групам дослідників;
- 3) створення мереж сучасного науково-технологічного устаткування й установок;
- 4) створення на конкурсній основі міждисциплінарних нанотехнологічних центрів для обміну науково-технічною інформацією й результатами; академічних інститутів, що включають у себе національні лабораторії, а також інших партнерських організацій, у тому числі і бізнесових, які використовують накопичений міжнародний і національний досвід і знання;
- 5) забезпечення глобального лідерства США в розробленні й використанні нанотехнологій;
- 6) зростання промислової конкурентоспроможності США на основі стабільних, послідовних і скоординованих довгострокових інвестицій і проведення інженерних досліджень у наносфері;
- 7) сприяння нанотехнологічним НДДКР у приватному секторі, включаючи компанії-початківці;

³⁸ Public Law 108–153, 108th Congress, 15 USC 7501. "21st Century Nanotechnology Research and Development Act". December 3, 2003.

8) сприяння міждисциплінарним дослідженням, що створюють механізм оцінки пропозицій у рамках NNP, який забезпечує міждисциплінарне співробітництво;

9) навчання дослідників і професійних співробітників для проведення міждисциплінарних досліджень у наносфері;

10) розв'язання етичних, екологічних, юридичних й інших соціальних проблем

11) підтримку нанодосліджень, для проведення яких використовують існуючі виробничо-технологічної бази.

Національній раді з питань науки і технологій законом надано право управляти Національною нанотехнологічною ініціативою безпосередньо або через відповідні підрозділи, для чого на NSTC покладено такі завдання:

- розробити цілі й пріоритети програми, засновані на національних потребах широкого застосування нанотехнологій;

- сформувані відповідні напрями програмних компонентів із пріоритетами й цілями, що відображають загальні цілі й пріоритети NNI;

- здійснювати нагляд за міжвідомчою координацією в рамках програми, у тому числі за координацією програми НДДКР у сфері оборонних нанотехнологій (Defence Nanotechnology Research and Development Program);

- розробити та оновити стратегічний план щодо досягнення пріоритетних цілей з боку різних міністерств і відомств;

- запропонувати Адміністративно-бюджетному управлінню скоординований міжвідомчий бюджет програми з метою підтримки балансу нанотехнологічних досліджень;

- здійснювати обмін інформацією з університетами, промисловими підприємствами і місцевими органами влади (в рамках нанотехнологічних програм штатів і регіонів), а також із групами вчених, які здійснюють нанодослідження;

- розробити план використання програмою інноваційних досліджень малого бізнесу (Small Business Innovation Research Program) і результатів Науково-дослідної програми з трансферу технологій для малого бізнесу (Small Business Technology Transfer Research Program), що сприятиме розвитку нанотехнологічних НДДКР у приватному секторі;

- ідентифікувати науково-дослідні напрями, що не підпадають під програми агентств, і відповідним чином координувати ці дослідження;

- використовувати існуюче виробниче устаткування та промислову інфраструктуру (особливо в галузях з високим рівнем безробіття);

- готувати з урахуванням рекомендацій Групи радників - Advisory Panel доповіді, аналітичні довідки, рекомендації й інші інформаційно-аналітичні матеріали.

Стаття 3 Закону про НДДКР стосується питань координації програми, і насамперед створення NNCO з відповідним штатом та повноваженнями, а також формування президентом США Групи радників, до якої входять представники академічних інститутів і промисловості. Група радників готує і надає інформацію президентові й NNCO щодо НДДКР у наносфері,

трансферу технологій та їх комерційного застосування, соціальних і етичних проблем;

Група радників повинна раз на два роки надавати президентові США рекомендації щодо поліпшення програми.

Відповідно до статті 5 зазначеного закону директор NNCO укладає угоду з науково-дослідною радою національної академії наук про проведення раз на три роки аналізу результатів програми, який повинен включати:

- оцінку технічного виконання програми, у тому числі досягнень цілей на основі системи показників, розроблених зазначеною радою;
- огляд координаційних заходів на міжвідомчому й міждисциплінарному рівнях;
- огляд досягнень цілей програми з урахуванням обсягів фінансування кожного агентства-учасника програми;
- оцінку успішності програми з питань трансферу технологій у приватний сектор;
- оцінку успішності програми в міждисциплінарній сфері НДДКР;
- оцінку обліку етичних, юридичних, екологічних та інших соціальних проблем;
- рекомендації щодо нових або переглянутих цілей Програми;
- рекомендації щодо нових напрямів наукових досліджень, партнерств, механізмів координації й управління для досягнення цілей програми;
- рекомендації щодо змін у бюджеті НДДКР у наносфері тощо [43].

5.2 Німеччина

Політичне керівництво Німеччини аргументувало пріоритетність державної підтримки розвитку наносфери насамперед значимістю нанодосліджень і нанорозробок для зміцнення у довгостроковій перспективі конкурентоспроможності найбільш просунутих галузей німецької економіки – автомобілебудування, приладобудування, хімічної, оптичної та інформаційної. Німецькі аналітики вважають, що саме результати нанотехнологічних пошуків, реалізовані на практиці, дозволять не тільки створювати високотехнологічні продукти з новими споживчими властивостями, але й у разі скоротити їх вагу і габарити. При цьому буде забезпечено багаторазову економію вихідної сировини й енергоресурсів, значно прискорено весь виробничий цикл [32].

Необхідно підкреслити, що німецька "наноініціатива" приймалася не спонтанно (під впливом модних політичних і технологічних трендів) і не на порожньому місці. Її окремі елементи й механізми крок за кроком, методом проб і помилок відпрацьовувалися протягом майже 20 років, які нараховує історія взаємин німецьких державних інституцій з установами науки і промисловістю в наносфері.

Федеральне міністерство освіти і досліджень як основний урядовий куратор більшості інноваційних програм у Німеччині ще з кінця 80-х років ХХ ст. в рамках програм "Нові матеріали" і "Фізичні технології" виділяє

кошти на проведення досліджень за нанотематикою. Ці дослідження на той період були пов'язаними із виробництвом нанопорошків, виготовленням латеральних структур на основі кремнієвих матеріалів і розробкою методик для проведення нанодосліджень.

Визначальним для розвитку нанотехнологій у Німеччині став 1998 р., коли нанодослідження одержали статус окремої федеральної програми із самостійною інфраструктурою й власним бюджетним фінансуванням. Тим самим Німеччина майже на три роки випередила США щодо прийняття аналогічного рішення – започаткування NNI та на чотири роки Європейський Союз щодо прийняття 6-ї Рамкової програми.

5.2.1 Формування інфраструктури як базова умова стійкого розвитку наносфери

Міжнародні експерти сходяться на тому, що до середини першого десятиліття XXI ст. німецькому уряду вдалося вирішити завдання щодо створення стійкої інфраструктури для успішного розвитку нанотехнологій. Її основу на початковому етапі складали шість технологічних центрів, створених під егідою Федерального міністерства освіти і досліджень у якості загальнофедеральних мережевих структур із регіональними кластерами. У 2003 р. до них додалися ще три центри, і на сьогодні ця мережа сприяє розвитку таких нанонапрямів:

- надтонкі функціональні шари (м. Дрезден);
- наноматеріали (м. Саарбрюккен);
- надточна обробка зовнішніх поверхонь (м. Брауншвейг);
- нанобіоаналітика (м. Мюнстер);
- нанотехнології (м. Гамбург);
- наноаналітика (м. Мюнхен);
- наноструктури для оптичної електроніки (м. Берлін);
- нанобіотехнології (м. Кайзерслаутерн);
- наноматематичне моделювання (м. Карлсрує).

Технологічні центри створювалися для таких цілей:

- об'єднати в одну команду всіх потенційних учасників створення нових інноваційних продуктів – учених як із сфери фундаментальних, так і прикладних досліджень, інженерів-розроблювачів, організаторів-виробничників, фінансистів, спеціалістів-постачальників тощо,

- завчасно виявляти перешкоди й проблемні моменти у процесі створення інновацій, а також аналізувати можливі соціально-економічні й екологічні наслідки їх застосування;

- запобігати дублюванню й розпиленню ресурсів в процесі проведення досліджень;

- залучати з метою інвестування приватні й бюджетні фінансові ресурси;

- активізувати розробку і впровадження нових норм і стандартів;
- підтримувати створення комерційних структур;

- проводити інформаційно-роз'яснювальну роботу із громадськістю.

На цей час постійними учасниками мереж є близько 600 організацій [33], з яких 29 % - вищі навчальні заклади (університети й інститути), 23 - наукові установи і організації, 12 - великі виробничі об'єднання; 31 - малі й середні підприємства та 3 % - фінансові інститути, консультаційні фірми та ряд об'єднань за інтересами. Фінансування мереж здійснюється зазначеним міністерством за кошти федерального бюджету із розрахунку 2 млн. євро на рік для кожного центру. Передбачається, що до фінансування в таких же обсягах у найближчі роки підключаться також регіональні (земельні) бюджети.

Можна констатувати, що, починаючи з 1998 р., Німеччина дотримується курсу на послідовне нарощування всебічної фінансової підтримки розвитку нанодосліджень і нанорозробок: з 30 млн. євро до 210 млн. - у 2001р., 250 млн. - у 2003 р. та 310 млн. - у 2005 р. При цьому близько 40 % становлять державні асигнування у наносферу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

**Бюджетне фінансування наносфери у Німеччині
за напрямками і роками, млн. євро***

Напрямок	2002	2003	2004	2005
Наноелектроніка	19,9	25,0	44,7	46,2
Наноматеріали	19,2	20,3	32,7	38,1
Оптика	18,5	25,2	26,0	26,0
Мікросистеми	7,0	7,0	9,4	10,2
Нанобіологія	4,6	5,4	5,0	3,1
Комунікації	4,3	4,0	3,6	3,4
Інші	0,4	1,3	2,4	2,2
Всього	73,9	88,2	123,8	129,2

*Джерело: Roos U. Germany's Nanotechnology Strategy. Berlin, 2004.

Так, пріоритетним напрямом розвитку наносфери у Німеччині залишається наноелектроніка, обсяги бюджетного фінансування якої зросли більше ніж удвічі з 2003 р. по 2005 р. Аналогічними темпами зростали обсяги інвестування у розвиток наноматеріалів. У той же час зменшилися асигнування у розвиток нанобіології і комунікацій.

**5.2.2 Аналіз сильних і слабких сторін
як методологічна основа розробки nanoпрограми**

"Наноініціативу 2010" як єдину міжгалузеву програму затверджено урядом ФРН у червні 2006 р. Сім федеральних міністерств (з питань освіти і досліджень, праці й соціальної політики, охорони здоров'я, оборони, економіки і технологій, захисту навколишнього середовища, сільського господарства) виступили із спільною заявою, що на основі програми і у тісній взаємодії будуть працювати для досягнення таких цілей:

- прискорення процесу матеріалізації результатів нанодосліджень у готових інноваційних продуктах;
- розширення кола промислових галузей і підприємств, що застосовують нанотехнології;
- усунення перешкод і бар'єрів, що заважають впровадженню нанотехнологічних інновацій, шляхом оптимізації процедури погоджень між різними адміністративними й політичними інстанціями;
- розгортання інтенсивного інтерактивного діалогу із громадськістю про наслідки промислового застосування нанотехнологій - як позитивних, так і, можливо, негативних.

В основу "Наноініціативи 2010", як і інших галузевих інноваційних програм у рамках німецької "Стратегії високих технологій", покладено аналіз сильних і слабких сторін наносфери.

До сильних сторін авторами програми віднесено:

1. Високий рівень фундаментальних досліджень у сфері нанотехнологій, про що свідчить третє місце Німеччини у світі (після США і Японії) за кількістю виданих патентів і четверте (після США, Японії й Китаю) - за кількістю наукових публікацій. Не в останню чергу це пов'язано із постійним бюджетним фінансуванням нанодосліджень і нанорозробок: у 2006 р. на ці цілі виділено 340 млн. євро, передбачається подальше збільшення обсягів державної підтримки наносфери.

2. Значний науково-дослідний потенціал: в окремих перспективних напрямках розвитку нанотехнологій у Німеччині сьогодні працюють:

- установи академічної науки, зокрема: Товариство сприяння прикладним наукам ім. Фраунгофера, Товариство сприяння наукам ім. Макса Планка, Товариство ім. Гельмгольца, Науково-дослідне товариство ім. Лейбніца;

- науково-дослідницькі групи в більшості університетів;
- науково-дослідницькі підрозділи промислових підприємств, головним чином у складі великих компаній, зокрема Сименс, БАСФ, Хенкель, Карл-Цейс, Осрам і багатьох інших;
- незалежні приватні центри і лабораторії.

3. Промислова база, що розвивається: у виробництві нанопродуктів у Німеччині прямо або опосередковано зайнято близько 600 підприємств, у тому числі, майже 500 малих і середніх, із загальною кількістю зайнятих 50 тис. чол.

4. Підвищений інтерес молоді до нанотехнологічної проблематики, що проявляється у зростаючій кількості бажаючих вступити до професійно-технічних училищ і вищих навчальних закладів (університетів та інститутів) за відповідними спеціальностями.

До слабких сторін програми віднесено таке:

1. Помітне відставання від США й країн Південно-Східної Азії за кількістю патентів на винаходи, що реєструються, та кількістю фірм, що беруть участь у нанобізнесі.

2. Труднощі у процесі створення нових підприємств, які пов'язані з недоліками ризикового капіталу і перешкодами адміністративно-бюрократичного характеру.

3. Значні недоліки щодо інформування бізнес структур і потенційних інвесторів з питань розвитку і перспектив застосування нанотехнологій [32].

5.2.3 "Головні інновації" як основний інструмент реалізації нанопрограми

Федеральне міністерство освіти і досліджень Німеччини у якості основного інструменту реалізації "Наноініціативи 2010" використовує механізм так званих "головних інновацій" ("Leitinnovationen"). Мова йде про середньострокові (як правило, на п'ять років) цільові проекти за такими напрямками розвитку нанотехнологій, в яких вже сьогодні Німеччина має серйозні наукові напрацювання та застосування яких у ключових сферах економіки може дати швидку практичну віддачу - прискорити економічне зростання, посилити позиції на існуючих ринках, сприяти більш ефективному освоєнню нових нанотехнологічних напрямів.

Вихідна ідея "головної інновації" визначалася не директивними документами, а в процесі тривалих консультацій і дискусій між представниками влади, бізнесу і науки. До критеріїв, яким вона повинна відповідати, слід віднести такі:

- об'єднання учасників всього інноваційного циклу, починаючи з фундаментальних нанодосліджень і, закінчуючи, збутом нанотехнологічних товарів і послуг;
- впровадження отриманих результатів у серійне виробництво на комерційній основі;
- закріплення результатів у патентах на нановинаходи, нових технологічних нормах і стандартах;
- можливість використання результатів в суміжних галузях;
- узагальнення нових науково-практичних знань і досвіду в навчальних програмах для підготовки фахівців відповідного профілю й кваліфікації.

За кожною "головною інновацією" складається окрема "дорожня карта", в якій поетапно розписуються робочі завдання, терміни їхнього виконання, виконавці, а також умови фінансування.

На цей час реалізуються шість "головних інновацій".

1. Електроніка (довідково - ємність ринку елементної бази тільки в Німеччині становить 20 млрд. євро, кількість зайнятих - 70 тис. чол.): у рамках програми "НаноФаб" здійснюється розробка технологій і устаткування для виробництва мікросхем нового покоління з використанням літографії на основі твердого ультрафіолетового випромінювання (EUV-літографія). Обсяг державної підтримки - 323 млн. євро.

2. Автомобілебудування (довідково - товарообіг галузі становить понад 200 млрд. євро, кількість зайнятих - 770 тис. чол.): програму "НаноМобіль" спрямовано на створення надлегких наноматеріалів,

нанодатчиків і лаків, стійких до зовнішніх механічних впливів. Обсяг бюджетних асигнувань на програму - 37 млн. євро.

3. Оптична промисловість (довідково - щорічний товарообіг підприємств, зайнятих виробництвом оптичних виробів у Німеччині, становить більше 30 млрд. євро, кількість зайнятих - понад 200 тис. чол.): програму "НаноЛюкс" спрямовано на різке підвищення якості енергозберігаючих білих світлодіодів і створення технологічних основ для їхнього виробництва в Німеччині на органічній основі. Державне фінансування програми становить 156 млн. євро.

4. Медицина й біотехнології. Метою програми "НаноФорлайф" є розробка на базі нанотехнологій нових високоточних і дешевих методів діагностики і лікування важких захворювань. Обсяг бюджетного фінансування становить близько 24 млн. євро.

5. Хімія. Програму "НаноМікрохім" призначено для створення нових матеріалів і покриттів, які могли б знайти своє застосування в різних сферах економіки. Обсяг державного фінансування - 31 млн. євро.

6. Енергетика. Програма розробки і серійного виробництва мініатюрних високотемпературних паливних елементів у якості високо економічних переносних джерел електроенергії. Державне інвестування на нанодослідження і нанорозробки становить 20 млн. євро.

Щорічні бюджетні асигнування на згадані інноваційні проекти тільки з боку Федерального міністерства освіти і досліджень становлять понад 100 млн. євро. Є потреба у збільшенні цієї суми як мінімум удвічі за рахунок софінансування нанодосліджень німецькою промисловістю. Експерти оцінюють "головні інновації" як успішний організаційно-фінансовий інструмент реалізації стратегічних інноваційних проектів. Сфера застосування "головних інновацій" постійно розширюється [32].

5.2.4 Використання широкого набору інструментів для розбудови наносфери

З метою налагодження роботи національної нанотехнологічної сфери в автономному режимі, а у перспективі виведення її з-під постійної державної опіки, німецький уряд використовує або має наміри використовувати досить широкий набір інструментів.

Застосування галузевих діалогів у якості засобу інформування й просвіти ставить за мету проаналізувати потенційні потреби окремих галузей в нанотехнологіях і відповісти на запитання, які повинні бути створені конкретні науково-технологічні напрацювання для їхнього задоволення. На сьогодні такі діалоги у формі робочих груп, семінарів, круглих столів і конференцій організовано під егідою Федерального міністерства освіти і досліджень у семи галузях: автомобілебудування, хімічній, оптичній, інформаційній, текстильній, будівельній і у сфері охорони здоров'я. Крім того, галузеві діалоги дозволяють органам державного управління більш

кваліфіковано здійснювати відбір найбільш перспективних нанопроєктів для фінансування за рахунок бюджетних коштів [32].

5.2.5 Мережеві наноструктури

Окрім вищезгаданих загальнофедеральних мереж, за останні роки в Німеччині виникла велика кількість мереж регіонального та локального характеру. Мережі розглядаються як один з найбільш функціональних механізмів взаємодії зацікавлених сторін, особливо якщо мова йде про використання нових технологій в інтересах інноваційного розвитку одночасно декількох галузей. Передбачається підтримка розвитку мереж з боку федерального уряду за такими напрямками:

- розширення віртуального спілкування шляхом створення нових наносайтів і спеціалізованих наноportalів в Інтернеті;
- визначення пріоритетних напрямів нанодосліджень і нанорозробок на основі технологічних "дорожніх карт",
- розробка спільних рекомендацій щодо напрямів нанодосліджень і оптимізації рамок умов для їхнього проведення;
- координація програм бюджетної підтримки різного рівня - федерального, регіонального (земельного) і з боку Європейського Союзу (7-а Рамкова програма) [32].

5.2.6 Форум "Майбутнє нанотехнологій"

Починаючи з 2002 р., у Німеччині з інтервалом у два роки проходять загальнонаціональні конгреси "Нанотехнології в Німеччині" у формі підведення проміжних підсумків науково-дослідної роботи у наносфері. Федеральним урядом започатковано постійно діючий форум "Майбутнє нанотехнологій" для проведення міждисциплінарного діалогу між представниками природничих і гуманітарних наук, політиками, підприємцями і журналістами. За результатами роботи форуму готуються експертні оцінки плюсів і можливих мінусів промислового застосування нанотехнологій, рекомендації щодо змісту і перспектив розвитку державної політики у цій сфері.

5.2.7 Оптимізація механізмів адміністрування програм державної підтримки наносфери

На цей час державні ресурси підтримки нанопроєктів знаходяться в розпорядженні різних міністерств і відомств Німеччини. В наслідок цього відбувається дублювання окремої наукової тематики і напрямів нанодосліджень, бюрократизація процедур одержання грантів, що обмежує доступ до них потенційних користувачів. Уряд вживає заходів щодо уніфікації й спрощення процедур отриманні державної підтримки, з цією метою розроблено єдину для всіх відомств "абетку" програм, що зробить їх більш зрозумілими й прозорими.

5.2.8 Підготовка кваліфікованих наукових кадрів

Розвиток нанотехнологій як нової сфери інноваційної діяльності, що розвивається на перетині ряду наукових дисциплін і напрямів, висуває нові вимоги до підготовки наукових кадрів. Це завдання федеральний уряд вирішує із застосуванням таких нестандартних інструментів, як конкурс «Наномайбутнє». Так, протягом 2006-2007 рр. на конкурсній основі було відібрано 11 молодих учених, кожний з яких одержав грант на виконання самостійного науково-дослідного проекту у складі створюваних ними творчих колективів із фахівців різних спеціальностей. Кожний проект розраховано на термін до п'яти років. Загальна бюджетна підтримка цієї програми з боку Федерального міністерства освіти і досліджень становить близько 20 млн. євро.

5.2.9 Охорона навколишнього середовища і здоров'я споживачів нанопродуктів. Інформування громадськості

Федеральний уряд виходить із того, що сучасний рівень наукових знань не дозволяє зробити остаточні висновки щодо можливого довгострокового негативного впливу наночасток на навколишнє середовище і здоров'я людини. Для цього необхідно проводити довгострокові чисельні комплексні дослідження й експертизи. У першу чергу це стосується товарів повсякденного попиту - продовольчих, лікарських, косметологічних. З цією метою Федеральним міністерство освіти і досліджень засновано проектний кластер "Наноздоров'я" з обсягом фінансування - 8 млн. євро. До 2009 р. вивчено потенційні ризики нових наноматеріалів. Додатково під егідою Міністерства охорони навколишнього середовища створено постійно діючі робочі групи "Безпека і завдання досліджень" та "Державна підтримка інновацій і шанси для охорони навколишнього середовища". Робочі групи співпрацюють з представниками промисловості, науки, державного управління, громадських об'єднань і спілок (екологічних, профспілкових, релігійних тощо).

З метою формування громадської думки щодо об'єктивного й відповідального ставлення суспільства до цієї соціально важливої технологічної сфери уряд сприяє всебічному інформуванню громадськості про рівень і тенденції розвитку нанотехнологій, потенційні загрози від їх застосування. Урядом виділяються значні обсяги асигнувань на проведення конференцій і семінарів, видання популярних брошур, підтримку спеціалізованих Інтернет-порталів, зокрема проведення таких інформаційно-пропагандистських заходів:

- "Нановиставка на колесах" - спеціально обладнаний автобус як мобільний виставковий і комунікаційний центр пропонує відвідувачам "подорож у нанокосмос – світ дрібних розмірів". Протягом року автобус

мандрує містами і населеними пунктами Німеччини, інформуючи в наочній формі про основи, сфери застосування і перспективи розвитку нанотехнологій. Найбільшим успіхом виставка користується в учнівської молоді. Щорічно її відвідують близько 100 тис.осіб;

- Федеральне міністерство освіти і досліджень видає (масовим накладом і всіма офіційними мовами країн-членів ЄС з додатковим перекладом на арабську і китайську) науково-популярну брошуру "Нанотехнології - інновації для завтрашнього світу";

- створення єдиного федерального Інтернет-порталу "Нанопортал федерального уряду" для надання максимально повної інформація про стан розвитку наносфери і Німеччині та її межами.

З огляду на зазначене, можна стверджувати, що ранній старт Німеччини у світовий нанотехнологічний гонці забезпечив їй третє місце серед країн-лідерів - США і Японії. Досвід Німеччини щодо розбудови національної системи розвитку нанотехнологій був активно використаний більшістю країн, які пізніше вступили на цей шлях, включаючи країни Європи і ЄС у цілому, Південну Корею, Тайвань, Австралію, Китай тощо.

До числа таких елементів можна віднести: чітко виражений міждисциплінарний підхід, синхронну підтримку як фундаментальних, так і прикладних досліджень, створення мережових наноструктур, широке міжнародне співробітництво, активну політику у сфері професійної підготовки й перепідготовки кадрів, відвертий діалог із суспільством щодо найбільш гострих проблем практичного використання нанотехнологій, підтримкою з боку держави всіх заходів і кроків, спрямованих на прискорення комерціалізації нанорозробок. Велика увага у національній системі розвитку нанотехнологій Німеччини приділяється питанням інтелектуальної власності, координації патентно-ліцензійної діяльності [32].

Німецький досвід системного підходу до вирішення одного із пріоритетних завдань розвитку економіки, який узагальнено у програмі "Наноініціатива 2010", може бути дуже корисним для подолання Україною відставання від провідних країн світу у розвитку наносфери.

5.3 Досвід Російської Федерації

5.3.1 Стратегія розвитку наноіндустрії

Росія у 90-і роки ХХ ст. знаходилася осторонь від світового процесу розвитку нанотехнологій. Російські наукові дослідження фінансувалися недостатньо, коштів не вистачало на закупівлю необхідного експериментального устаткування. Пожвавлення почалося після 2000 р., коли стартували проекти, пов'язані із розробкою наноматеріалів, які підтримувалися Російським фондом фундаментальних досліджень, галузевими програмами Міноборони, Росатома, Роскосмоса, Мінпроменерго. На реалізацію зазначених проектів щорічно передбачалося близько 20-25 млн. дол. США. У 2004 р. було прийнято федеральну цільову програму

(ФЦП) із щорічним фінансуванням розвитку нанотехнологій в обсязі 70–80 млн. дол., а в 2006 р. - ФЦП із фінансуванням в обсязі 134 млрд. руб. (5 млрд. дол. США) на 2007–2012 рр. [44].

У 2006 р. президентом РФ затверджено пріоритетні напрями розвитку науки, технологій і техніки та перелік критичних технологій, у числі яких нанотехнології й наноматеріали. Для розвитку нанотехнологій створено концерн "Наноіндустрія" і 16 регіональних центрів нанотехнологій у Нижньому Новгороді, Саратові, Іванові, Астрахані, Калузькій області, Петрозаводську, Краснодарському краї та інших суб'єктах РФ.

Стратегічний характер розвитку нанотехнологій у Росії у 2007 р. визначено президентською ініціативою "Стратегія розвитку наноіндустрії". Державну політику РФ у сфері нанотехнологій сформульовано у "Програмі розвитку наноіндустрії в Російській Федерації до 2015 року", у федеральній цільовій програмі "Розвиток інфраструктури наноіндустрії в Російській Федерації на 2008-2010 роки", а також у ряді федеральних, цільових, регіональних, галузевих і відомчих програм. За результатами реалізації цих програм обсяг товарообігу російської нанопродукції до 2015 р. повинен досягти 4 трлн. руб., що дозволить Росії конкурувати з передовими країнами світу та зайняти до 4 % світового ринку у наносфері.

Наукові дослідження й інноваційна діяльність за галузевими напрямами на цей час координуються Російською державною корпорацією "Роснанотех", Російським науковим центром "Курчатовський інститут", концерном "Наноіндустрія", РАН, РАМН (рис. 5.3).

Загальний обсяг фінансування робіт щодо реалізації стратегії до 2015р. становить близько 318 млрд. руб. (11 млрд. дол. США) за напрямами створення і комерціалізації проектів із залучення нанотехнологічних розробок. (Слід зазначити, що в 2007-2008 рр. внесок держави у розвиток нанотехнологій становив 94 млрд. руб.).

Перший етап реалізації Стратегії розвитку наноіндустрії охоплює 2007-2011 рр. У ході його реалізації має бути досягнуто декілька соціально-економічних цілей. *По-перше*, створення в сфері високих технологій більш 20 тис. робочих місць і збільшення капіталомісткості виробництва, *по-друге*, підвищення якості медичного обслуговування населення, *по-третє*, поліпшення екологічної ситуації, і, нарешті, досягнення значного зниження матеріало- і енергоємності промислової продукції. (Необхідно відзначити, що за період 2007-2009 рр. створено 2422 робочих місць). У 2008 р. започатковано реконструкцію й технічне переоснащення головних організацій національної нанотехнологічної системи. Сучасним устаткуванням оснащено та уведено в експлуатацію 12 науково-освітніх центрів за напрямом "Нанотехнології"[45; 46].

Науково-технологічний та інноваційний розвиток РФ сконцентровано на п'яти пріоритетних напрямках: ядерні технології, космічні й телекомунікаційні технології, медицина, енергоефективність, інформаційні технології, у тому числі створення суперкомп'ютерів. У наслідок

президентської підтримки *нанотехнології* одержали особливий статус однієї із самих передових і перспективних науково-технологічних сфер у Росії [47].

На жаль, фінансова криза додала імпульсу диверсифікованості російської промисловості. Ціни на нафту й газ впали, а іноземні інвестиції в російську економіку знизилися на 31 %. Та, як відмічає директор Курчатовського інституту М. Ковальчук, статус нанотехнологічної ініціативи в Росії знизився до рівня федеральної програми розвитку. На сьогодні Росія не відстає від світових лідерів - за обсягом державних інвестицій у нанотехнології РФ посідає третє місце після США і країн Європи. Але за рівнем виробництва нанопродукції російським компаніям ще рано змагатися з цими країнами. Внутрішні продажі та експорт нанопродукції російського виробництва сукупно оцінюються в 4-5 млрд. дол. США, що в 2009 р. становило лише 2 % від обсягу світового наноринку [45].



Рис. 5.3 Державна науково-технологічна політика в сфері нанотехнологій [46].

До основних проблем розвитку наноіндустрії в умовах фінансової кризи російські експерти відносять відсутність нормативно-правових актів, що визначають принципи розвитку й функціонування національної нанотехнологічної системи, а також значне, майже на третину, скорочення в 2009 р. обсягу бюджетного фінансування ФЦП "Розвиток інфраструктури

наноіндустрії в РФ на 2008–2009 рр." У наслідок чого припинено оснащення десяти науково-освітніх центрів за напрямом "Нанотехнології" [48].

5.3.2 Російська державна корпорація нанотехнологій "Роснанотех"

Російську державну корпорацію нанотехнологій "Роснанотех" засновано в 2007 р відповідно до федерального закону № 139-ФЗ (зі статутним капіталом в 130 млрд. руб.) з метою реалізації державної політики у науково-технічній і інноваційній сферах, сприяння переходу російської економіки на інноваційний шлях розвитку, реалізації проектів розробки перспективних нанотехнологій та наноіндустрії.

Майно корпорації формується за рахунок майнового внеску РФ, коштів федерального бюджету, доходів, одержаних від діяльності корпорації, добровільних майнових внесків і пожертвувань, а також за рахунок інших законних надходжень.

"Роснанотех" здійснює інвестиційну й зовнішньоекономічну діяльність шляхом реалізації проектів у наносфері в Росії та закордоном, у тому числі за участю іноземного капіталу. Передбачено також право корпорації здійснювати підприємницьку діяльність і розподіляти отриманий прибуток винятково у цих цілях.

Органами управління корпорацією є наглядова рада, правління і генеральний директор. Встановлено, що члени наглядової ради повинні призначатися урядом РФ (у тому числі три - за поданням президента РФ, по одному - за поданням палат парламенту й три - за поданням уряду) на термін, що не перевищує чотирьох років. Два члени ради, запропоновані президентом, і два, запропоновані урядом, не повинні бути державними службовцями. Крім того, передбачено створення органу внутрішнього фінансового контролю за діяльністю корпорації - ревізійної комісії, консультативного органу - науково-технічної ради.

При уряді РФ засновано Раду з питань нанотехнологій, яку очолює перший віце-прем'єр-міністр. Це дорадчий орган утворено для забезпечення взаємодії влади із представниками підприємницьких структур і науковою громадськістю для розробки пропозицій щодо реалізації державної політики у сфері нанотехнологій і наноіндустрії відповідно до Стратегії розвитку наноіндустрії.

Основними завданнями Ради є попередній розгляд, проведення експертної оцінки й підготовка пропозицій, що мають рекомендаційний характер, пов'язаних із розробкою й практичним використанням досягнень науки у наносфері, розвитком наноіндустрії, а також із формуванням ринку нанопродуктів і нанопослуг з метою реалізації інтелектуального, організаційного й фінансового потенціалу країни [49].

На сьогодні "Роснанотех" бере участь у створенні нанотехнологічної інфраструктури, зокрема центрів колективного користування, бізнес-інкубаторів і фондів раннього інвестування. Для підтримки фінансованих проектів корпорація реалізує наукові й освітні програми, а також

популяризує нанотехнологічні дослідження й розробки. "Роснанотех" визначає пріоритетні напрями інвестування на основі довгострокових прогнозів розвитку (форсайтів), до розробки яких залучає провідних російських і міжнародних експертів.

Підтримуючи вихід російських компаній на зовнішні ринки й зміцнюючи їхні взаємовигідні міжнародні зв'язки, корпорація розвиває співробітництво із провідними світовими нанотехнологічними центрами та організує в Росії щорічний міжнародний форум із нанотехнологій.

Корпорація є відповідальною за реалізацію програми інтеграції нанотехнологій у бізнес. До 2015 р. "Роснанотех" планує додатково залучити 450 млрд. руб. приватного капіталу, а обсяг продаж нанопродукції довести до 900 млрд. руб.

У той же час міжнародні аналітики продовжують скептично оцінювати шанси корпорації "Роснанотех" стосовно досягнення поставленої мети, хоча б з тих причин, що ведення бізнесу в Росії є не завжди зручним для іноземних інвесторів. Аналітики відзначають, що нанотехнологічними розробками в Росії займаються близько 400 академічних наукових департаментів і близько 200 комерційних компаній. Основним бар'єром до переходу теоретичних розробок у технології, на думку експертів, є недостатність державного фінансування досліджень і відсутність стимулювання підприємницької діяльності [45].

У своєму виступі на II Міжнародному форумі з нанотехнологій у 2009 р. президент РФ Д. Медведєв поставив завдання - створення гідних умов для розвитку бізнесу та більш конкурентоспроможного академічного середовища.

Виходячи з цього, "Роснанотех" планує мінімізувати інвестиційні ризики, виступаючи в якості співінвестора, міноритарного акціонера або надаючи кредити зі зниженими відсотковими ставками. В таких спільних підприємствах будь-який прибуток має бути розподілений між заявником проекту, приватним інвестором і корпорацією. При цьому корпорація не буде претендувати на право інтелектуальної власності на реалізовані нанотехнологічні розробки [50].

1 Проекти, що реалізуються Російською державною корпорацією "Роснанотех". Корпорація як інструмент комерціалізації нанорозробок посідає місце, що є найближчим до кінця інноваційного циклу (інноваційний цикл - фундаментальне дослідження – науково-дослідна розробка - НДДКР - комерційна розробка), оскільки здійснює відбір найбільш перспективних нанорозробок, у яких на момент розгляду існує хоча б дослідний зразок. "Роснанотех" фінансує також окремі НДДКР. При цьому враховується, що НДДКР повинні бути спрямованими на модернізацію або підвищення конкурентних властивостей тих нанопродуктів, які вже виробляються в рамках проектів корпорації. Так само "Роснанотех" ухвалює до розгляду проекти, у яких існує дослідний зразок, а цикл дослідно-конструкторських розробок є ще не закінченим. Корпорація визначає контрольні терміни

завершення цих розробок, і в залежності від успішності їхнього проходження продовжує фінансування [50].

З моменту створення корпорації на її розгляд надано більше 1200 пропозицій за проектами. Після проведення тривалих експертиз (із залученням більш 500 російських і закордонних фахівців) у 2009 р. "Роснанотех" відібрано 61 проект. Проекти затверджено до фінансування в обсязі 192,8 млрд. руб., з яких 91 млрд. руб. становить частку держаної корпорації. Слід зазначити, що наглядова рада корпорації щоквартально схвалює не менш 15 проектів, серед яких проекти новосибірської компанії Sun Innovations щодо виробництва наночорнила для принтерів та компанії Сатурн (м. Рибінськ), яка виробляє наноструктуровані покриття для авіації [50].

Затверджено також два проекти із залученням іноземного капіталу. Один із проектів - спільне підприємство з німецькою фірмою VI Systems. Німецькі партнери вклали 1,1 млрд. руб. у створення виробництва пластин і чипів для оптичних пристроїв високошвидкісної передачі даних. Підприємство планується запустити в 2011 р. у Санкт-Петербурзі. Необхідно відмітити, що до цього часу виробничі потужності компанії VI Systems розташовувалися переважно на Тайвані.

"Роснанотех" також бере участь в інфраструктурних проектах, таких як реалізований разом з ТОВ "Росхімбіо" проект створення системи постачання реактивами й видатковими матеріалами російських учених і виробників. У рамках проекту створено московську службу цілодобового постачання препаратів і реагентів, необхідних для клінічної діагностики, хімії та розробки лікарських засобів.

Крім того, корпорація має на меті надавати підтримку так званим бізнес-ангелам – приватним структурам, які готові вкладати кошти у венчурні інноваційні проекти. Із цією метою готуються зміни до Податкового кодексу РФ у частині податкових заохочень для інвестування венчурних проектів. Ці зміни сприятимуть ефективній роботі бізнес-ангелів [50].

2 Найбільш перспективними напрямками, на думку керівництва корпорації "Роснанотех", є: нанобіотехнології, матеріалознавство (зокрема, створення нових каталізаторів), оптика й електроніка (зокрема, розробка світлодіодів) [48].

3 Участь "Роснанотех" у міжнародних і вітчизняних інвестиційних фондах. Наглядовою радою корпорації схвалено участь "Роснанотех" в Міжнародному інвестиційному фонді нанотехнологій. Його створення спрямовано на розширення інвестиційних можливостей "Роснанотех" шляхом залучення коштів російських і зарубіжних інституціональних і стратегічних інвесторів у реалізацію нанотехнологічних проектів корпорації на території Росії. Створення фонду сприятиме забезпеченню трансферу передових технологій в Росію, залученню міжнародних спеціалістів для проведення експертизи нанотехнологічних проектів, а також стимулюватиме розвиток фінансової інфраструктури наноринку.

Наглядова рада корпорації схвалила також участь "Роснанотех" у Російському фонді венчурних інвестицій, створеному разом з Міжнародним фондом за участю групи ВТБ і компанії Draper Fisher Jurvetson (DFJ) [51].

5.3.3 Роль держави у забезпеченні безпеки і стандартизації нанопродукції

На цей час головним державним лікарем Федеральної служби із нагляду в сфері захисту прав споживачів і благополуччя людини РФ затверджено Концепцію токсикологічних досліджень, методології оцінки ризику, методів ідентифікації й кількісного визначення наноматеріалів. Враховуючи, що в перспективі очікується більш тісний контакт людини й інших біологічних об'єктів з наноматеріалами, вивчення питань потенційних ризиків їхнього використання є першочерговим завданням держави.

Регулюючу роль держави у забезпеченні нормативними документами з питань безпеки у дослідженнях, проведенні й застосуванні наноматеріалів і виробів, створених з використанням нанотехнологій, здійснює Агентство із технічного регулювання і метрології.

Відповідно до постанови уряду РФ агентство здійснює контроль і нагляд за дотриманням обов'язкових вимог державних стандартів і технічних регламентів, а також функції із державного метрологічного контролю й нагляду. У повноваження агентства входять створення технічних комітетів зі стандартизації й координація їхньої діяльності, прийняття програм розробки, експертиза проектів, затвердження національних стандартів і взаємодія з міжнародними організаціями з питань стандартизації. У 2005 р. створено технічний комітет із стандартизації в сфері нанотехнологій.

Діяльність агентства регламентується федеральним законом "Про технічне регулювання", прийнятим в 2003 р. Відповідно до цього закону створюються програми розробки технічних регламентів у всіх галузях промисловості. Цей закон покликаний провести зміни в системі стандартизації й сертифікації продукції, що випускається, відповідно до міжнародних норм і вимог СОТ, до якої Росія планує вступити.

Особливого значення набуває гармонізація російських стандартів з міжнародними в рамках вимог Міжнародної організації із стандартизації (ISO). У листопаді 2005 р. в ISO створено Технічний комітет 229 — Нанотехнології (ISO/TC 299), до складу якого серед 39 країн-членів входить Російська Федерація.

За результатами аналізу стану нанобезпеки в Росії та за її межами, проведеного російськими експертами, визначено доцільність проведення таких заходів:

- створити у складі корпорації "Роснанотех" головну організацію, основним завданням якої має бути координація міждисциплінарної діяльності із нанобезпеки, до складу якої входитимуть фахівці інститутів РАН, РАМН і ЦНІ Росспоживнагляду;
- розробити і реалізувати програму досліджень у сфері нанобезпеки,

засновану на положеннях Концепції токсикологічних досліджень, методології оцінки ризику, методів ідентифікації й кількісного визначення наноматеріалів;

- включити у ФЦП на 2008-2010 рр. питання розвитку нормативно-методологічної бази за тематикою нанотехнологій в якості пріоритетних;

- створити розгалужену мережу регіональних органів сертифікації нанотехнологічних виробів і акредитації метрологічних організацій;

- розширити міжнародне співробітництво із вдосконалення законодавства в частині розвитку метрології й інших аспектів нанотехнологій, у тому числі щодо виявлення потенційних ризиків наноматеріалів, прийнятих ОЕСР [48].

ВАТ "Науково-дослідний центр із вивчення властивостей поверхні й вакууму" у 2007 р. розроблено перші стандарти щодо виміру об'єктів нанометрового діапазону, які набули чинності з 1 лютого 2008 р., зокрема:

ДСТ Р 8.628-2007 "Міри рельєфні нанометрового діапазону з монокристалічного кремнію. Вимоги до геометричних форм, лінійних розмірів і вибору матеріалу для виготовлення".

Сфера застосування:

Цей стандарт встановлює вимоги до геометричних форм і лінійних розмірів, а також до вибору матеріалу для виготовлення рельєфних мір нанометрового діапазону з монокристалічного кремнію для діапазону від 10^{-9} до 10^{-6} м.

Стандарт поширюється на рельєфні заходи, призначені для проведення всіх видів перевірок растрових електронних вимірювальних мікроскопів за ДСТ Р 8.631 і скануючих зондових атомно-силових вимірювальних мікроскопів за ДСТ Р 8.630 при проведенні державного метрологічного контролю (нагляду), а також на рельєфні міри, що використовуються при калібруванні зазначених типів мікроскопів.

ДСТ Р 8.629-2007 "Міри рельєфні нанометрового діапазону із трапецеїдальним профілем елементів. Методика перевірки".

Сфера застосування:

Цей стандарт поширюється на рельєфні міри нанометрового діапазону із трапецеїдальним профілем елементів, для виготовлення яких лінійні розміри і матеріал відповідає вимогам ДСТ Р 8.628. Рельєфні міри застосовують при вимірі лінійних розмірів у діапазоні від 10^{-9} до 10^{-6} м.

Стандарт встановлює методику первинної й періодичних повірок рельєфних мір.

Міжповірний інтервал рельєфної міри – один рік.

ДСТ Р 8.630-2007 "Мікроскопи скануючі зондові атомно-силові вимірювальні. Методика перевірки".

Сфера застосування:

Цей стандарт поширюється на скануючі зондові атомно-силові вимірювальні мікроскопи, що застосовуються для вимірів лінійних розмірів у діапазоні від 10^{-9} до 10^{-8} м, і встановлює методику їх первинної й

періодичних повірок з використанням рельєфних мір для ДСТ Р 8.628 і ДСТ Р 8.629.

Міжповірний інтервал мікроскопу – один рік.

ДСТ Р 8.631–2007 "Мікроскопи електронні растрові вимірювальні. Методика перевірки".

Сфера застосування:

Цей стандарт поширюється на вимірювальні растрові електронні мікроскопи, що застосовуються для вимірів лінійних розмірів у діапазоні від 10^{-9} до 10^{-6} м, і встановлює методику їхньої первинної й періодичних повірок за допомогою рельєфних мір для ДСТ Р 8.628 і ДСТ Р 8.629.

Міжповірний інтервал мікроскопу – 6 міс. [52].

5.3.4 Російський ринок нанотехнологій

Частка Росії на світовому ринку високих технологій на цей час не перевищує 1 %. Найслабшою ланкою в цьому процесі є те, що до 2007 р. державою не було визначено вектору робіт у наносфері. Питання переходу від досліджень, розробок до промислового виробництва і споживчого ринку ніким не розглядалося. Більшість державних організацій і бізнес-структур фінансувалося винятково за кошти державного бюджету [53].

Таким чином, бюджетні кошти в РФ, як правило, використовувалися для проведення НДДКР та ініціювали процес виробництва тих або інших нанопродуктів, але не впливали на вибір пріоритетів розвитку нанотехнологій, оскільки пріоритети мають визначатися ринком відповідно до запитів замовників і споживачів продукції. Тільки ринок міг забезпечити незалежне від державного бюджету джерело фінансування. У цьому випадку звільнені фінансові ресурси держава може спрямовувати на створення технологічного базису (спеціального устаткування, приладів для наукових досліджень тощо), без якого неможливо досягти прогресу у розвитку нанотехнологій.

Відсутність у Росії внутрішнього ринку продукції нанотехнологій (відставання РФ від технологічно розвинених країн у цьому напрямі вимірюється 7-10 роками) пов'язана, зокрема, з тим, що класична модель інноваційного розвитку, заснована на стимулюючій ролі ринку щодо запуску інновацій у виробництво, у Росії не працювала. Саме ініційована президентом РФ Стратегія розвитку наноіндустрії покликана вирішити проблеми формування внутрішнього ринку нанотехнологічної продукції.

Відповідно до проведеного російськими експертами дослідження [46] виявлено продукти, які пропонує внутрішній наноринок (рис. 5.4).

Перший етап реалізації стратегії передбачає формування ринку високотехнологічної продукції. Другий етап пов'язаний з федеральними цільовими програмами, за допомогою яких можна "перевести" товари із середнього стовпчика в лівий.

Важливо відмітити, що на цей час у Росії відновлено розробку засобів виробництва, зокрема синхротронів, установок молекулярно-променевої

епітаксії, атомно-силових мікроскопів; проводиться модернізація діючих машин. Крім того, РФ бере участь у міжнародному розподілі праці.

На початковому етапі, паралельно із проникненням на світові ринки, для розгортання виробництва нанопродуктів потрібне стабільне державне замовлення. На сьогодні в Росії реалізуються національні проекти, які можуть бути використані як своєрідний інструмент для запуску ринку наукомісткої продукції.

Створюючи внутрішній попит на нанотехнологічну продукцію й внутрішній ринок високотехнологічних продуктів, Росія стане цікавою для налагодження співробітництва й партнерських стосунків з будь-якою закордонною компанією, що, у свою чергу, створить умови для масштабної участі РФ у глобальних світових ринках наукомісткої продукції [46].

Російські експерти зазначають, що існує унікальна можливість використовувати національні проекти для створення механізмів платоспроможного попиту на вітчизняну високотехнологічну продукцію. Фактично, мова йде про створення або відбір компаній та інститутів за пріоритетними напрямками, передачу їм інтелектуальної власності, матеріальних ресурсів (у тому числі прямі інвестиції) і створення гарантованого попиту на високотехнологічну продукцію, що випускається ними, тобто про формування внутрішнього ринку цієї продукції (рис. 5.5).

Готові продукти, наявні на ринку	Продукти, які будуть готові до виходу на ринок через 3 роки	Перспективні продукти й розробки
Нанодисперсні матеріали	Вуглецеві матеріали	Нанобіотехнологічні продукти
Покриття	Наноелектронні пристрої	Гібридні пристрої і прилади біонічного характеру
Композити	Засоби постачання лікарських препаратів (нанокапсули)	Нанобіосистеми і пристрої
Кераміка	Мікросистемна техніка	
Полімерні матеріали	Медичні діагностикуми	
Каталізатори		
Мембрани		
Світлодіоди		
Сенсори		
Біочипи		
Запуск програми типу SBIR	Програми НДДКР	Запуск "майбутнього" Координація та інфраструктура

Рис. 5.4 Ринок нанопродуктів [35].

**Програма формування інститутів
приватно-державного партнерства**

- Створення й/або відбір компаній за пріоритетними напрямками розвитку
- Передача інтелектуальної власності
- Передача матеріальних ресурсів, включаючи прямі інвестиції
- Створення гарантованого попиту (держзамовлення, зміни нормативної бази)

Аналогічні програми в США - SBIR, STTR, SBIC

Планове збільшення обсягів виробництва нанопродукції шляхом заміщення продуктів, що випускаються, нанопродуктами (перенормування)

Рис. 5.5 Алгоритм "запуску" наноринку [46].

У підсумку – російський ринок нанотехнологій перебуває на етапі свого становлення. *Частка Росії в загальносвітовому технологічному секторі становить близько 0,3 %, а на ринку нанотехнологій – 0,04 %*. Росія значно відстає від світових нанотехнологічних лідерів – США, Японії і ЄС як за показниками розвитку НДДКР, так і комерціалізації винаходів. Про це свідчить і кількість міжнародних нанотехнологічних патентів – в 2008 р. їх було близько 30 (питома вага російських винаходів становить менше 0,2 %) [47].

Відставання Росії у наносфері не є непереборним, оскільки відбуваються важливі і суттєві зміни, серед яких:

- офіційний факт визнання необхідності розвитку нанотехнологій державою, що є важливим на ранніх етапах розвитку наноринку;
- привернення уваги громадськості й ЗМІ до успіхів розвитку нанотехнологій (західний досвід свідчить, що даний факт сприяв значному збільшенню інвестицій у розвиток нанотехнологій);
- поява у вищих навчальних закладах спеціальностей, пов'язаних із нанодослідженнями, що у свою чергу сприятиме подоланню дефіциту наукових кадрів у наносфері;
- прийняття законодавчо-нормативних актів, які закріплюють офіційну позицію держави щодо визнання нанотехнологій пріоритетним напрямом розвитку наукової галузі;
- зростання кількості інвестиційних проектів на наноринку та обсягів їхнього фінансування;
- створення на базі "Роснанотех" сертифікаційного центру "Наносертифікат", що сприятиме боротьбі з виробниками псевдонанопродукції [54].

5.3.5 Проблеми комерціалізації нанотехнологій

Досвід країн, що стартували у комерціалізації нанотехнологій, показує, що на цьому шляху є безліч перешкод. Розглядаючи бар'єри, з якими зіштовхнулися піонери комерціалізації, можна зробити висновок, що частина з них має загальні ознаки і виникає у всіх країнах, але деякі з бар'єрів мають чисто російську специфіку.

До глобальних бар'єрів на шляху комерціалізації нанотехнологій, на думку академіка РАН, директора Центру фотохімії РАН М. Алфімова, можна віднести тривалий період виведення нанопродуктів на ринок, високі технологічні ризики при не визначених вигодах на старті робіт.

Бар'єрами комерціалізації є також *висока собівартість розробок і впровадження нанотехнологій, складність масштабування лабораторних результатів, складність правового захисту інтелектуальної власності.*

Оскільки для проведення прикладних досліджень необхідно залучати фахівців різних дисциплін, що володіють знаннями на різних рівнях масштабу (нано-, мікро- і макро-), виявляється, що дефіцит кадрів навіть для провідних країн світу є одним з найвищих бар'єрів для комерціалізації нанотехнологій.

Так, на думку президента РФ Д. Медведєва, для подолання цього бар'єру країні буде потрібно 100–150 тис. фахівців. Президент запропонував Міністерству освіти і науки переглянути номенклатуру спеціальностей, необхідних для розвитку наносфери. Для розв'язання цієї проблеми необхідно залучати досвідчених учених, які виїхали із країни, але яких можна повернути, створивши гідні умови для наукової діяльності в Росії [50].

Поряд із глобальними бар'єрами є й ряд специфічних для Росії. У першу чергу це *неможливість для малих і середніх компаній одержати кредит із низькою заставною вартістю (за оцінками банків), а також висока вартість кредитів, відсутність інститутів й інструментів фінансування складних наукомістких проєктів, насамперед державно-приватного партнерства.* У багатьох випадках для авторів нанорозробок є неприйнятними прямі інвестиції з боку великих компаній, оскільки ці інвестиції обумовлюються передачею інвесторові прав на розробку [55].

У подоланні згаданих бар'єрів ключову роль відіграє держава. Так, для вирішення проблем комерціалізації нанотехнологій президент Росії Д. Медведєв у виступі на II Міжнародному форумі із нанотехнологій в 2009 р., наголосив на *необхідності внесення змін у діюче податкове й корпоративне законодавство, створення сучасної системи технічного регулювання і національних стандартів, організації системи державного замовлення на довгострокові закупівлі інноваційної продукції, а також необхідності зацікавити бізнес-структури інвестувати у розвиток нанотехнологій* [50].

У свою чергу міжнародні експерти відзначають, що світова фінансова криза, окрім негативних факторів, могла б надати і цікаві економічні можливості корпорації "Роснанотех" на глобальному наноринку. На жаль, корпорація їх не використала, з огляду на те, що для Росії національно-

орієнтовані підходи є більш важливими, ніж економічні фактори. Експерти констатують, що світове наукове співтовариство не повністю довіряє "Роснанотех", оскільки *російські вчені працюють інакше*, ніж звикли працювати вчені-дослідники інших країн. Це дуже ускладнює роботу корпорації. Крім того, російські нанодослідження (як і раніше) є досить далекими від ринкового попиту, а управлінські рішення, які приймаються на державному рівні, у більшості випадків націлені на оборонний сектор Росії, ніж на потреби кінцевих споживачів. І хоча деякі цінні російські інновації спираються на оборонний сектор, наприклад Інтернет і засоби GPS, експерти вважають, що Росії доведеться подолати довгий і важкий шлях диверсифікації економіки.

Незважаючи на вищезгадані труднощі, ряд російських компаній налагодили партнерські зв'язки з іноземними компаніями у найрізноманітніших формах (таких, як спільні підприємства, кооперація у сфері досліджень, спільні дослідницькі проекти), щоб одержати доступ до новітніх технологій, а також набути управлінського і маркетингового досвіду. Російські науково-дослідні організації дуже активно залучають іноземну підтримку та укладають дослідницькі контракти. На додаток до американських і європейських урядових і неурядових програм на підтримку некомерційної діяльності у сфері досліджень і розробок у Росії зростає кількість західних компаній, які замовляють російським науковим організаціям проведення досліджень комерційного характеру. *На частку закордонного фінансування припадає до 10 % усього обсягу видатків на наукові дослідження й розробки Росії.*

Першорядними джерелами іноземного фінансування в російські нанодослідження є ЄС і США, а також деякі азійські країни, такі як Китай, Японія, Південна Корея [50].

5.3.6 Національна нанотехнологічна мережа

На цей час у РФ розроблено основні елементи досить злагодженої й замкнутої системи розвитку й просування нанотехнологій на внутрішній ринок, *формується інфраструктура наноіндустрії у вигляді національної нанотехнологічної мережі (ННМ)* [46].

Згідно із президентською ініціативою і урядовою програмою координації робіт у сфері нанотехнологій ННМ об'єднує сукупність установ, організацій, промислових підприємств, які проводять фундаментальні й прикладні дослідження та реалізують науково-технологічні розробки, а також здійснюють комерціалізацію технологій і підготовку кадрів у наносфері.

До складу ННМ входять:

- головна наукова організація - Російський науковий центр "Курчатовський інститут", що здійснює координацію наукової діяльності щодо реалізації президентської ініціативи;
- державна корпорація "Роснанотех", що вирішує питання

організаційної й фінансової підтримки інноваційної діяльності в наносередовищі;

- провідні наукові, промислові й освітні центри - головні організації за напрямками розвитку нанотехнологій і за регіонами РФ.

У процесі створення ННМ планується сформувати *шість технологічних платформ (за усіма напрямками діяльності) у якості структуроутворюючих елементів мережі:*

- 1) дослідницько-технологічну;
- 2) науково-освітню і кадрову;
- 3) інформаційно-комунікаційну;
- 4) організаційно-економічну (комерціалізація, приватно-державне партнерство);
- 5) організаційно-правову (інтелектуальна власність, стандарти, безпека);
- 6) організаційно-методичну для міжнародного співробітництва.

Організаційна діяльність ННМ передбачає таке.

Перший етап – проведення фундаментальних досліджень, другий - НДДКР, третій – виробництво нанопродуктів (рис. 5.6).

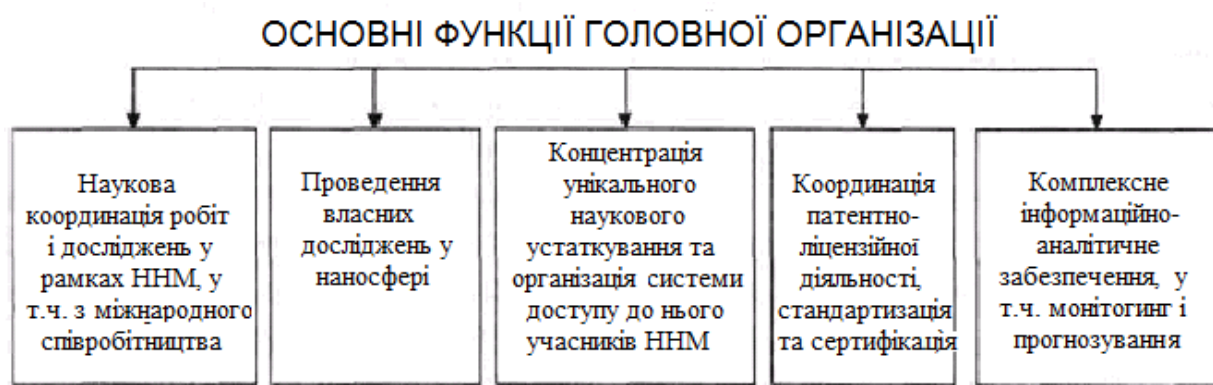


Рис. 5.6 Національна нанотехнологічна мережа РФ (архітектура проекту) [46].

Фундаментальні дослідження підтримуються, у першу чергу, бюджетами й спеціальними програмами РАН, РАМН, РАСН. Крім того, в Російській Федерації дослідження й розробки у наносфері проводяться приблизно в 60 державних наукових центрах і галузевих інститутах, а також у більшості університетів та інших вищих навчальних закладів. Все більша увага в цих організаціях, поряд із проведенням фундаментальних досліджень, приділяється НДДКР.

Існують серії спеціальних програм. У першу чергу це ФЦП, які реалізує Міністерство освіти і науки РФ. Основна з них — це ФЦП "Дослідження й розробки за пріоритетними напрямками розвитку науково-технологічного комплексу Росії на 2007-2012 рр.", у рамках якої існує ряд пріоритетних напрямів, зокрема "Індустрія наносистем і матеріали". Програма розрахована на 5 років і на її фінансування виділено понад 100 млрд. руб. (близько 4 млрд. дол. США). Крім того, існує значна кількість

ФЦП, що передбачають розробки у наносфері, зокрема федеральні програми, які реалізуються Міністерством промисловості й енергетики, Міністерством оборони РФ, а також комплекс програм Росатома і Роскосмоса. Ці програми націлено в основному на перетворення результатів фундаментальних досліджень у реальні НДДКР. Наступна ланка — промислове виробництво, яке на цей час значною мірою розвивається приватними компаніями.

Крім того, затверджено федеральну програму "Інфраструктура наноіндустрії", обсяг фінансування якої до 2010 р. становитиме 27,7, з них близько 25 млрд. руб. (більше 1 млрд. дол. США) з федерального бюджету. За цією програмою кошти цільовим призначенням надходять на розвиток інфраструктури інформаційно-комунікаційної бази та створення нових технологічних центрів. На цей час започатковано створення декількох дослідницько-технологічних центрів на базі провідних наукових центрів Росії. Один такий центр сформовано на базі РНЦ "Курчатовський інститут", планується створення ряду центрів у РАН.

Окремо варто зупинитися на *ролі Російської академії наук*, до структури якої входять декілька сотень інститутів і яка має унікальну базу для проведення міждисциплінарних досліджень. Розпорядженням Президії РАН створено комісію з питань нанотехнологій, яку очолює академік Ж.І. Алфьоров і у функції якої входить розроблення масштабної програми роботи РАН у цьому напрямі. Рішенням загальних зборів РАН у структурі Академії створено спеціальне відділення нанотехнологій та інформаційних технологій, яке виконує функції координаційного центру розвитку досліджень і розробок у наносфері.

Глобальний характер проекту *створення національної нанотехнологічної мережі* визначає *відхід від кластерного типу і перехід до мережевого типу структури*. У мережеву структуру мають входити університети та інші вищі навчальні заклади, які здійснюють важливі для розвитку нанотехнологій дослідження. При цьому необхідно запровадити форму наскрізного фінансування міждисциплінарних проектів. Найбільш зрозумілим і коротким шляхом вирішення цього питання є використання національних лабораторій як бази для міждисциплінарних досліджень дослідницьких центрів національного масштабу. Наприклад, одним із таких центрів є РНЦ "Курчатовський інститут", що володіє унікальною експериментальною базою світового рівня та проводить роботи за широким спектром сучасних наукових напрямів - фізики, математики, хімії, біології, матеріалознавства тощо. Відповідно до доручення Президента РФ готується до реалізації пілотний проект щодо створення національного дослідницького центру у сфері нанотехнологій на базі головної організації національної нанотехнологічної мережі - РНЦ "Курчатовський інститут". У процесі реалізації цього проекту буде сформовано ефективну організаційно-управлінську структуру та відпрацьовано правові основи діяльності міждисциплінарного дослідницького центру [46].

5.3.7 Участь регіонів РФ у розвитку нанотехнологій

Для розвитку наноіндустрії, на думку російських експертів, доцільно насамперед проаналізувати завдання й проблеми конкретних підприємств у різних регіонах Росії, а також галузей промисловості й інших секторів економіки й соціальної сфери з метою виявлення реальних потреб у нанопродукції й розміщення пріоритетів розвитку нанотехнологій, *створити інноваційні кластери двох типів — регіональні й галузеві — і консорціуми, орієнтовані на вирішення технологічних завдань конкретної тематичної спрямованості.*

На цей час більше ніж у 20 регіонах РФ організовано *регіональні центри нанотехнологій*, до функцій яких входить інвентаризація здійснюваних у регіонах робіт і проектів у сфері нанотехнологій, участь у створенні колективного інформаційного простору з нанотехнологій і нанопродукції, впровадження досягнень нанотехнологій на підприємствах регіону [56]. Почалася практична робота із впровадження нанотехнологій у реальний сектор економіки регіонів [57]. Перед державою стоїть завдання визначити регіони, яким буде надаватися підтримка, та пріоритети розвитку інноваційної економіки. Повинні бути чітко визначені й державні структури, їхні повноваження і ступінь відповідальності, обсяги ресурсів, призначені на виконання цього завдання, процедури прийняття рішень тощо [58].

Лідерами міжнародного класу в інноваційній економіці, у тому числі у напрямі розвитку нанотехнологій, генеральний директор "Роснанотех" А. Чубайс називає Томську область і Татарстан, де працюють десятки висококласних інноваційних компаній з обсягами продажу близько сотні мільйонів доларів.

1 У Томській області ступінь розвитку наноіндустрії характеризує ефективність її інноваційної діяльності у цілому. Так, загальний обсяг фінансування, який щорічно виділяється на розвиток нанотехнологій, перевищує 1 млрд. руб. (30 млн. євро). У 2007 р. обсяг послуг і продаж нанопродукції становив більше 0,5 млрд. руб., включаючи експорт малих серій продукції в Німеччину, США, Японію, Канаду, Південну Корею й інші країни. Питома вага позабюджетних коштів у внутрішніх витратах на розвиток нанодосліджень і нанорозробок становить 60 %.

В університетах і академічних інститутах Томська здійснюється спеціалізована підготовка кадрів, насамперед за спеціальностями у наносфері (близько 200 дипломованих фахівців щорічно). Більше 25 дисертацій щороку захищається за нанотехнологічною тематикою. Разом з Технічним університетом Берліна відкрито магістерську програму для одержання подвійних дипломів із нанотехнологій у машинобудуванні. Випускники одержують два дипломи: Технічного університету Берліна, та Томського політехнічного університету. Головним у розвитку цього напрямку є Інститут фізики міцності й матеріалознавства Сибірського відділення (СВ) РАН.

Велика увага приділяється *створенню інфраструктури, основні елементи якої формуються спільно академічними інститутами й універ-*

ситетами Томська. Це, у першу чергу, центри колективного користування у сфері нанотехнологій і наноматеріалів (обсяг асигнувань на придбання устаткування в 2007-2008 рр. становив більше 500 млн. руб.) та науково-освітні центри (з обсягом фінансування - понад 400 млн. руб.). Створено центр метрологічного забезпечення й оцінки відповідності нанотехнологій і продукції nanoіндустрії з бюджетним фінансуванням у 17 млн. руб.

Для розвитку нанотехнологій, за ініціати́ви адміністрації Томської області, створено міжвідомчий центр нанотехнологій "Томськнанотех". Його засновниками виступають адміністрація Томської області, мерія м. Томська, ТНЦ СВ РАН, ТНЦ СВ РАН, університети та промислові підприємства — Сибірський хімічний комбінат і компанія "Мікран". Провідну роль у цьому процесі відіграє Томський науковий центр РАН, який визначено у якості головної організації.

Томська область входить у п'ятірку провідних регіонів щодо кількості проектів, що реалізуються у рамках ФЦП "Дослідження й розробки за пріоритетними напрямками науково-технологічного комплексу Росії на 2007-2012 рр". При цьому із 40 підтриманих у 2007 р. проектів 20 стосуються наносфери, серед них:

- пучкові технології — модифікація поверхні та формування наноструктурних покриттів;
- технологія „Aquavallis“ — сорбенти мікробіологічних забруднень, матеріали що загоюють рани;
- одержання наноструктурного титану — створення наноструктурних титанових сплавів з високими експлуатаційними властивостями;
- напівпровідникові наногетероструктури — розробка й організація промислового виробництва Gaas електронної компонентної бази НВЧ діапазону й виробів на їхній основі для телекомунікації, радіолокації й приладобудування із використанням напівпровідникових наногетероструктур.

До пучкових відносяться електронно-іонно-плазмові технології, в основу яких покладено явище вибухової електронної емісії, відкрите у 1966 р. Г. Місяцем. На сьогодні у Томську успішно працює наукова школа Г. Місяця.

Електронно-промене́ве зварювання і наплавлення застосовуються в металургії, імпульсні електронно-променеві технології модифікації поверхні, технології створення наноструктурних багаторівневих зміцнюючих і захисних покриттів — при розробці перспективних виробів авіаційної й ракетно-космічної техніки нового покоління.

Наноструктурний титан використовується в медицині для створення дентальних імплантатів. Наносорбент "AquaVallis" — фільтрувальний матеріал на основі нановолокон — зі стовідсотковою ефективністю видаляє мікробіологічні забруднення, використовується як для очищення води, так і як основа матеріалів для заживлення ран.

Реалізація проекту щодо розвитку напівпровідникових наногетероструктур дозволить уперше в Росії проводити інтегральні схеми

НВЧ діапазону на сучасній елементній базі — наногетероструктурних польових транзисторах. Базова томська компанія-виробник "Мікран" на сьогодні формує 60 % обсягу виробництва телекомунікаційного і вимірювального устаткування в Росії.

Ефективність роботи Томського науково-освітнього центру визначається такими факторами: високим рівнем фундаментальної науки, міцними університетами, енергійною підтримкою влади та інноваційною інфраструктурою, що розвивається.

Томська область тісно співпрацює з корпорацією "Роснанотех", із якою укладено протокол про наміри, в якому передбачається створення венчурного фонду (на умовах співфінансування), а також науково-технологічного центру нанотехнологій, який займатиметься комерціалізацією наукових розробок.

На особливу увагу, на думку керівника "Роснанотех" А. Чубайса, заслуговує підприємство "Геліос" (резидент Томської особливої економічної зони), що здійснює розробку і виробництво новітніх матеріалів для сонячних батарей [59].

2 Республіка Татарстан налаштована на швидкий розвиток інновацій і впровадження їх у промисловість. *Державна програма комплексного розвитку наноіндустрії республіки включає у себе 174 проекти із загальним обсягом фінансування 180 млрд. руб. до 2015 р.*

Головним партнером на шляху вдосконалювання наноіндустрії, впровадження інновацій у промисловість у Татарстані є корпорація "Роснанотех", на розгляд якої представлено 30 найважливіших нанопроєктів.

До найбільш перспективних слід віднести нанорозробки для будівництва нових нафто- і газопереробних підприємств, серед яких важливим є створення сучасних реагентів, які використовуються у нафтовидобутку. Перспективним вважається виробництво в республіці наночасток, які використовуються як наповнювачі для масових полімерів.

У Татарстані композиційні матеріали і наночастки застосовуються в авіаційній і машинобудівній промисловості. Наприклад, слабе місце в конструкції вантажівки "Камаз" усунуто внаслідок змін, внесених у матеріал для виготовлення деталей машини.

Татарстан впроваджує нанотехнологічні інновації в основному в ту продукцію, що виробляється на підприємствах республіки. Проблеми, які виникають у процесі розв'язання цього завдання, є комплексними і пов'язаними як із виробництвом нанопродуктів і наночасток, так і підготовкою спеціалізованих кадрів та потребою у модернізації підприємств.

Казанським державним університетом розроблено магнітний резонанс для діагностики наноматеріалів. Це унікальна фундаментальна праця, результат багаторічного досвіду щодо дослідження різних видів матеріалів, зокрема тих, що необхідні для розвитку нанотехнологій. На основі технології магнітного резонансу виробники наноматеріалів одержують найважливішу інформацію про домішки та їхню природу [60].

3 Досвід Уральського регіону. Значною подією в регіоні стало відкриття *центру колективного користування "Сучасні нанотехнології"* на базі Уральського державного університету. Цей вищий навчальний заклад включено до участі у ФЦП щодо розвитку інфраструктури наноіндустрії.

Центр колективного користування створено за підтримки уряду Свердловської області за міжвідомчим принципом, тобто його науково-технічна рада включає представників академічних інститутів, вищих навчальних закладів, галузевих інститутів, промисловців. Центр активно працює й акумулює значний потенціал регіону для розвитку наносфери. Його оснащено унікальним набором приладів.

Сформовано обласну програму з наноіндустрії: для фінансування із місцевого бюджету відібрано 42 прикладних проекти з 80 наданих на конкурс. Пріоритетними напрямками стали конструкційні наноматеріали, паливні елементи, воднева енергетика, медицина, каталізатори, очищення води й газів, захисні й зносостійкі покриття, економічні джерела світла.

У центрі колективного користування організовано спеціальне чисте технологічне приміщення, на базі якого створено сучасну літографію, яка раніше замовлялася в інших регіонах. Ноу-хау є також обробка елементів, що дозволяють змінювати частоту світла. Це істотно здешевлює виробництво традиційних лазерів. Розвивається доменна інженерія (домени - структурні елементи матеріалів мікронних розмірів) - створюються регулярні структури матеріалів, що змінюють властивості під оригінальні завдання. До планів центру спільно з Уральським інститутом електрофізики Уральського відділення РАН входить запуск оригінального виробництва вуглецевих нанотрубок з використанням лазерного синтезу.

У рамках додаткової угоди з Російським фондом фундаментальних досліджень із бюджету Свердловської області в 2008 р. виділено 24 млн. руб. на підтримку досліджень у сфері нанотехнологій. Крім того, 80 млн. руб. (у вигляді субсидій на умовах співфінансування з промисловими компаніями) надано для підтримки прикладних досліджень у цій сфері. *У 2010 р. з регіонального бюджету на ці цілі виділено 150 млн. руб. [61].* Таким чином, наукові дослідження й розробки у сфері нанотехнологій координуються й фінансуються урядом Свердловської області.

Значна увага в регіоні також приділяється *підвищенню рівня кваліфікації фахівців у сфері нанотехнологій.* На декількох факультетах Уральського державного університету проводяться роботи щодо створення наносистем. Устаткування лабораторій не просто експлуатується, але й приносить користь університету як освітній установі. Студенти, які пройшли навчання і набули навичок роботи з такими приладами, вважаються добре підготовленими фахівцями і отримують запрошення на роботу в академічних інститутах і на виробництві. Велику увагу університет приділяє розробці спеціальних методик і програм навчання за напрямом "Нанотехнології". Висококваліфіковані кадри формують основу для розвитку уральської науки і впровадження наукомістких технологій у виробництво.

Уряд Свердловської області робить перші кроки у напрямі кооперації науки, освіти і виробництва. *Виявлено близько 30 підприємств, готових до впровадження нанотехнологій, діяльність яких буде фінансуватися з регіонального бюджету.*

Свердловський фінансово-промисловий венчурний фонд військово-промислового комплексу планує інвестувати 1 млн. дол. США у нові технології, пов'язані з переробкою промислових відходів, IT-технологіями, медициною й нанотехнологіями. Фонд профінансував близько 15 інноваційних проектів у 2008 р. Керівництво фонду має наміри збільшити частку участі приватних інвесторів в інноваційних технологіях з 15 до 45 %. У 2008 р. реалізовано 5 проектів, зокрема, підготовлено дослідні партії снігоболотоходів і електронних ручок на заміну звичайного комп'ютерного устаткування — мишки, клавіатури й сенсорної панелі, організовано промислове виробництво нанобетону [61].

4 У Чуваській Республіці в результаті світової фінансової кризи сільське господарство дещо занепало, а обсяги промисловості знизилися на 30 %. У цій ситуації керівництво республіки ухвалило рішення щодо виходу з економічного колапсу шляхом розвитку високих технологій, що характеризують шостий технологічний уклад (який буде лідирувати у світовому господарстві в 2014-2018 рр.), зокрема нано- і біотехнологій.

Перспективним кроком щодо розвитку нанотехнологій у Чувашії є *будівництво заводу з виробництва сонячних батарей. На цей проект республіці видано грант "Роснанотех"* [62].

5 Приклади комерціалізації нанорозробок. У Санкт-Петербурзі й Саранську відкрито лінії з виробництва нових напівпровідників, що використовуються у світлодіодах. У Новосибірську працює декілька невеликих компаній, які створюють композитні матеріали з унікальними властивостями. Вони, зокрема, застосовуються у фільтрах для очищення води. А в підмосковному Зеленограді відкрилася нова лінія з виробництва мікросхем з технологією 0,18 мікрон (180 нм). Інвестиції в розвиток лінії становлять 200 млн. дол. США. У 2009 р. запущено у виробництво технологію 0,09 мікрон [52].

Аналогічних підприємств у РФ чимало. Так, на ТОВ "Плазма" створено нанобетон, для виробництва якого потрібно значно менше цементу, гравію й піску, при цьому якість бетону збільшилася, а вартість - знизилася. Із використанням нанобетону побудовано завод "Тойота", реконструйовано Ліговський проспект у Санкт-Петербурзі, зведено житлові будинки. Ця нанотехнологія користується активним комерційним попитом.

У той же час досягнення російської науки не завжди упроваджуються у виробництво настільки успішно. Так, у КБ ВАТ "НДІ – Тантал" створено гетеромагнітні системи, що є готовими для використання у крупносерійному виробництві. Серед них, наприклад, системи на кристалі, розмір мікропроцесору яких становить 5 x 5 кв. мм. З використанням цього елементу можна створювати системи, що не мають аналогів, зокрема, системи високоточного наведення, радіоелектронної боротьби, захисту

інформації, охорони об'єктів тощо. На жаль, процес виробництва зазначених систем здійснюється в Європі (Франція, Італія, Німеччина), і лише дизайн збирання і тестування - у Росії. Цей принципово новий напрям розвитку нанотехнологій ще й досі залишається не охопленим жодною державною програмою. У той же час такі нанотехнологічні системи експортуються у США, що не завжди відповідає національним інтересам Росії [25].

Переконливим прикладом упровадження в практику результатів фізичних експериментів, що мають практичне державне значення, є співробітництво Інституту фізики напівпровідників Сибірського відділення РАН з ВАТ "Московський завод "Сапфір" щодо реалізації проекту "Розробка базової технології напівпровідникових наноструктур для джерел і приймачів випромінювання систем оптичного моніторингу". Спільну роботу інституту і заводу підтримано державним контрактом з відповідним фінансуванням. ВАТ "Російським залізницям" доручено збут нанопродукції на півтора мільярди рублів. Нові системи адаптовано до умов експлуатації по всій території Росії [64-65].

Проект "Розробка технології одержання і створення дослідних виробництв нового покоління адсорбційно-каталітичних матеріалів для поділу й очищення природних і техногенних газів і рідин" реалізується рядом організацій, головною з яких є Інститут проблем переробки вуглеводнів Сибірського відділення РАН. Цю роботу Омського наукового центру доведено до практичного застосування й підтримано державним контрактом з бюджетом у 100 млн. руб.

5.3.8 Дорожні карти, як спосіб організації нанорозробок

Дорожня карта представляє собою комплекс заходів, які необхідно здійснити для досягнення тієї або іншої мети. Це свого роду сценарій, який охоплює послідовність дій різних фахівців з метою доведення перспективної науково-технологічної ідеї до промислового впровадження і виведення отриманої продукції на ринки збуту.

Дорожня карта готується групою експертів і є загально погодженою точкою зору на цілі розробки і можливі напрями застосування результатів. У процесі підготовки дорожньої карти аналізуються тенденції розвитку визначеного науково-технологічного напрямку, об'єктивно оцінюються труднощі та можливості, етапи проведення робіт, встановлюються вимоги до виконавців робіт тощо.

Російські експерти вважають, що побудову державної системи розвитку наноіндустрії в Росії на сьогодні завершено, та настає період погоджених дій усіх створених для розвитку наноіндустрії державних інституцій. У цьому зв'язку *розробка дорожніх карт як для наносфери у цілому, так і окремих її сегментів є першочерговим завданням.* Якщо ініціатором такої діяльності виступить Рада з питань нанотехнологій РФ, вважає академік М. Алфімов, існує найбільша ймовірність, що будуть не тільки підготовлені дорожні карти, але й успішно реалізовані заплановані програми [66].

6 Методологія та інструментарій стратегічного планування розвитку нанотехнологій: рекомендації для України в контексті міжнародного досвіду

6.1 Вимоги до інструментарію стратегічного управління у сфері нанотехнологічних досліджень

За оцінками експертів нанотехнології відносяться до технологій широкого використання, тобто технологій, які надають можливість створювати нові технології практично в усіх сферах виробництва і завдяки цьому сприяють економічному зростанню світової економіки на десятки років, що було характерним для інформаційних технологій у XX столітті. Економісти сподіваються, що активний розвиток нанотехнологій дозволить подолати "інноваційну паузу", яка стала однією з причин глобальної економічної кризи початку XXI століття [67].

Особливі очікування щодо розвитку нанотехнологій пов'язані з їх роллю у формуванні п'ятого та шостого технологічних укладів (ТУ). Нанoeлектроніка, молекулярна і нано-фотоніка, наноматеріали та наноструктуровані покриття, оптичні наноматеріали, наногетерогенні системи, нанобіотехнології, наносистемна техніка, нанообладнання формують ядро шостого ТУ [68]. А несучі галузі п'ятого ТУ: електронна, атомна та електротехнічна промисловість, верстато-, судо-, авто- і приладобудування, інформаційно-комунікаційний сектор, фармацевтична промисловість, сонячна енергетика, ракетно-космічна промисловість, авіабудування, клітинна медицина, насінництво, будівництво, хіміко-металургійний комплекс, є сферами широкого впровадження нанотехнологій. Проте на цей час готовність цих галузей до сприйняття нанотехнологій є досить нерівномірною за країнами, а саме цей фактор визначатиме динаміку розвитку наноіндустрії та її вплив на економіку.

Міцні позиції національних економік будуть значною мірою залежати від лідерства в розвитку приладобудівної бази для наноіндустрії, зокрема нанометрології, у створенні відповідної інфраструктури та модернізації несучих галузей п'ятого ТУ, які забезпечують більшу віддачу на вкладений капітал та левову частку зростання продуктивності. Тому перспективи розвитку нанотехнологій у країні пов'язуються з довгостроковими планами модернізації промислової бази, які забезпечують підтримання і розширення попиту на новітні досягнення з боку більшості секторів національного господарства та соціальної сфери.

За оцінками провідної компанії з маркетингових досліджень RNCOS, викладеними у документі "Nanotechnology Market Forecast to 2013", загальне зростання ринку нанотехнологій протягом 2010—2013 рр. становитиме 18 % [69]. При цьому ринок нанотехнологій, інкорпорованих у товари обробної промисловості, становитиме 1,6 трлн. дол. США, з яких близько 50 % припадатиме на товари сільськогосподарського виробництва. Таке значне

зростання буде підтримане масивними інвестиціями у нанотехнологічні дослідження як з боку державного, так і приватного секторів економіки.

Оптимістичні прогнози, підкріплені комерційними успіхами окремих великих компаній щодо створення та впровадження нанопродуктів, сприяли в останнє десятиріччя розширенню досліджень у сфері нанотехнологій і залученню значних інвестицій, що вимагало розроблення і реалізації відповідних стратегій та програм у країнах, які мають для цього достатній науковий потенціал. Україна входить до числа таких країн. Проте успіх України на цьому шляху значною мірою залежить від продуктивного використання існуючого наукового потенціалу, спрямування зусиль науковців і розробників на задоволення внутрішнього попиту і розвиток національної виробничої бази.

До особливостей сфери досліджень, що визначають вимоги до змісту стратегій, програм та інструментів забезпечення їхньої дієвості, доцільно віднести такі:

- дослідження вимагають значних обсягів фінансування, високовартісного обладнання та висококваліфікованих дослідників, а також врахування значних ризиків, пов'язаних із вірогідністю та швидкістю отримання комерційного результату;

- як будь-які інші об'ємні та дорогі пошукові роботи, дослідження включають у себе форсайтні дослідження та широкі обговорення з бізнес-структурами і громадськістю перспектив і наслідків впливу результатів їхнього впровадження на здоров'я людей та довкілля;

- нанотехнологічні дослідження мають міждисциплінарний характер, охоплюють широке коло сфер впровадження інновацій у економічній та соціальній сфері, значну кількість виконавців і специфічних програм, тому вимагають чіткої координації дій з єдиного центру з метою уникнення дублювання робіт та ефективного розподілу і використання ресурсів;

- співпраця з великим бізнесом вимагає прогнозованої державної політики та державно-приватного партнерства для прискорення трансферу технологій від лабораторій до виробництва, створення прозорого конкурентного середовища;

- прикладний інноваційний характер досліджень вимагає формування розвинутої інфраструктури для комерціалізації результатів, доведення їх до споживачів, врегулювання процедур реєстрації прав інтелектуальної власності.

Таким чином, для академічної спільноти дослідження у сфері нанотехнологій є не самоціллю, а можливістю якісного покращання оточуючого середовища та удосконалення засобів впливу на нього. Очікування від розвитку нанотехнологій, як і від інших високих технологій, вимагають стратегічного підходу до управління розвитком цього сектора економіки з боку держави, який передбачає запровадження інструментарію державного стратегічного планування та управління, визначення стратегічних пріоритетів на основі довгострокових прогнозів науково-технологічного розвитку, органічне поєднання механізмів державного

регулювання і ринкового саморегулювання, координацію з боку держави співпраці наукових організацій, університетів і промисловості, фінансових інститутів.

На наш погляд, визначальним для успіху у сфері високих технологій є постійний розвиток та удосконалення засад стратегічного планування та управління сферою досліджень з урахуванням мінливих умов глобальної конкуренції та зростаючого попиту на технології, які спроможні забезпечити сталий розвиток країни без ризиків для людського здоров'я та довкілля.

Нанотехнологічні науки – це порівняно новий напрям досліджень, який сформувався як окрема наукова дисципліна в останню декаду XX століття (першу нанотехнологічну програму профінансовано Національним науковим фондом США у 1991 р.). У той же період започатковано формування засад сучасної системи стратегічного планування та управління (СПУ) розвитком національних економік. До інструментів системи СПУ були віднесені: бачення, прогноз, стратегія, концепція, програма, план дій, моніторинг та оцінка. Тому розроблення стратегій, програм і планів розвитку нанотехнологій здійснювалося за класичним сценарієм на засадах СПУ (що довело свою результативність у США, Великобританії, Данії, Франції, Фінляндії, Японії, Республіці Кореї, Сінгапурі тощо).

6.2 Основні засади стратегічного планування, орієнтованого на результат

Стратегічне планування – це ключовий елемент стратегічного управління розвитком країни, регіону, галузі, який охоплює процеси формулювання стратегічних цілей і пріоритетів, визначення основних цільових індикаторів розвитку на довго- та середньострокову перспективу з одночасним формуванням механізму їх реалізації [1]. У розвинутих країнах стратегічне планування забезпечує суспільство дорожньою картою переведення економіки з поточного стану в очікуваний стан на десять-п'ятнадцять років вперед на основі прогнозування майбутнього та відповідної алокації доступних ресурсів.

Запровадження стратегічного планування та управління протягом останніх 20 років минулого століття стало невід'ємним елементом перетворень у сфері державного управління розвинутих країн, спрямованих на пошук нових рішень щодо підвищення ефективності державних інституцій та їх спроможності відповідати потребам суспільства. Її коріння лежить у 50-х роках минулого століття, коли Пітер Друкер у своїй книзі «Практика менеджменту» вперше запровадив концепцію «управління за цілями» (Management by Objectives) та її основні принципи: каскадування цілей, співучасть у прийнятті рішень, визначення часових рамок, оцінка результатів та зворотний вплив.

Поряд з цим концепція СПУ знайшла широке застосування в плануванні розвитку окремих секторів національних економік та регіонів

(стратегічне планування і управління природними ресурсами, розвитку енергетики, тощо).

Загалом стратегічне планування та управління (СПУ) представляє собою підхід, за допомогою якого формується довгостроковий погляд на цілі і перспективні тенденції розвитку країни або сектора економіки (описується як бачення), визначаються зміни, необхідні для приведення цих тенденцій у відповідність з встановленими цілями (критеріями) та приймаються рамкові засади управління, які б заохочували зацікавлені органи влади та ключові прошарки суспільства досягати цих цілей.

Стратегія послідовно переводиться у керовані плани дій (програми) для її реалізації. Такі плани містять специфічні завдання, цілі, терміни, розподіл відповідальності, коштів та інших ресурсів і повинні формулюватися таким чином, що дозволяє здійснювати моніторинг та оцінку прогресу у досягненні результатів. В залежності від особливостей системи державного управління в країні план може охоплювати період від трьох до п'яти років і далі може бути розбитий на низку щорічних оперативних планів. Взаємозв'язок між баченням, стратегією і планом дій представлено на рис.6.1.

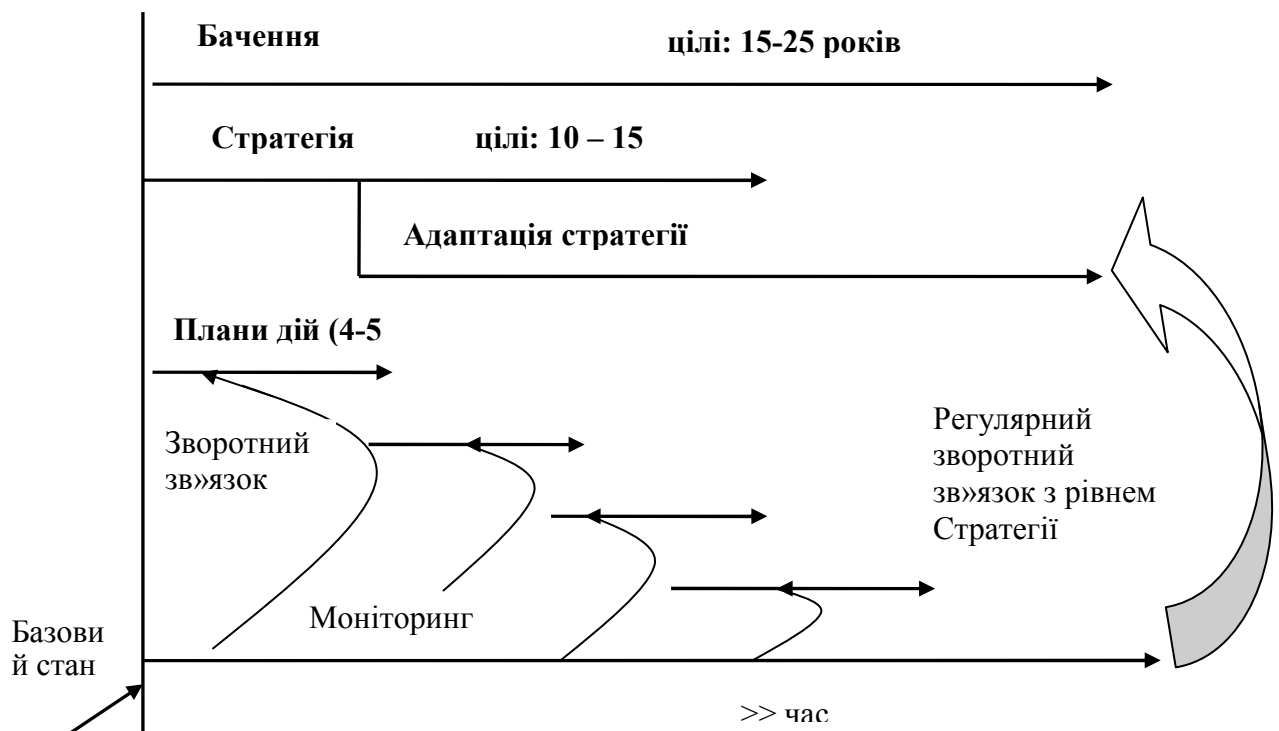


Рис. 6.1 Узагальнена схема формування та управління реалізацією стратегічних документів³⁹.

³⁹ Джерело: Guidelines on Strategic Planning and Management of the Energy Sector. UN ESCATO, 2002.

Таким чином, СПУ у якості методології прийняття рішень та одночасно інструмента вирішення проблем передбачає:

- формування довгострокових стратегій, середньострокових програм та короткострокових заходів з їх реалізації;
- визначення змісту як політики, так і управління процесом її реалізації;
- взаємозв'язок між управлінням на національному та місцевому рівнях (вертикальний підхід), між загальноекономічними та секторальними стратегіями, планами дій та заходами політики (горизонтальний підхід).

Стратегічне планування розвитку високих технологій має певні особливості. Головна особливість пов'язана, *по-перше*, з існуванням певного ступеню невизначеності щодо вагомості очікуваних результатів досліджень, а відповідно, з високими ризиками інвестування у такі дослідження; *по-друге*, з необхідністю управління ризиками від впровадження нових технологій для здоров'я людей та довкілля. Це стосується, у першу чергу, стратегій у сфері нанотехнологічних та біотехнологічних досліджень, які серед головних цілей повинні передбачати ідентифікацію, оцінку ризиків з використанням кількісних показників очікуваного впливу використання таких технологій на людське життя та навколишнє середовище, а також заходи з мінімізації таких ризиків.

Така стратегія науково-технологічних досліджень повинна орієнтуватися на інтеграцію усіх складових сталого розвитку (економічної, соціальної, екологічної), а політичні рішення мають прийматися переважно на основі ретельного і збалансованого аналізу витрат і вигод від реалізації того чи іншого сценарію реалізації завдань з урахуванням думки експертів та громадськості.

Для реалізації таких стратегій доцільно використовувати методи адаптивного управління процесом досліджень за результатами систематичного узагальнення інформації про оцінку можливих наслідків технологічних рішень для суспільства з позицій концепції сталого розвитку. При цьому процес розроблення секторальної, тим більше міжсекторальної стратегії науково-технологічних досліджень та управління її реалізацією здійснюється в процесі вертикального взаємоузгодження цілей і завдань загальнонаціональної стратегії розвитку країни та стратегічних планів задіяних в її виконанні міністерств (агентств)-співвиконавців.

Згідно з міжнародною практикою вертикаль управління реалізацією цілісної системи державних стратегічних документів охоплює довгострокову стратегію розвитку країни, плани дій щодо її реалізації, секторальні стратегії та програми розвитку, які спираються на стратегії і прогнози науково-технологічного розвитку, а також стратегічні плани державних органів влади.

За такого підходу повинна бути визначена ієрархічна система цілей та пріоритетів національного рівня та пакети заходів державної політики, спрямованих на їхнє досягнення, які розгортаються у систему пріоритетів і програмних документів нижчих рівнів державного управління. Тим самим забезпечується дотримання логіки планування від верхніх до нижчих

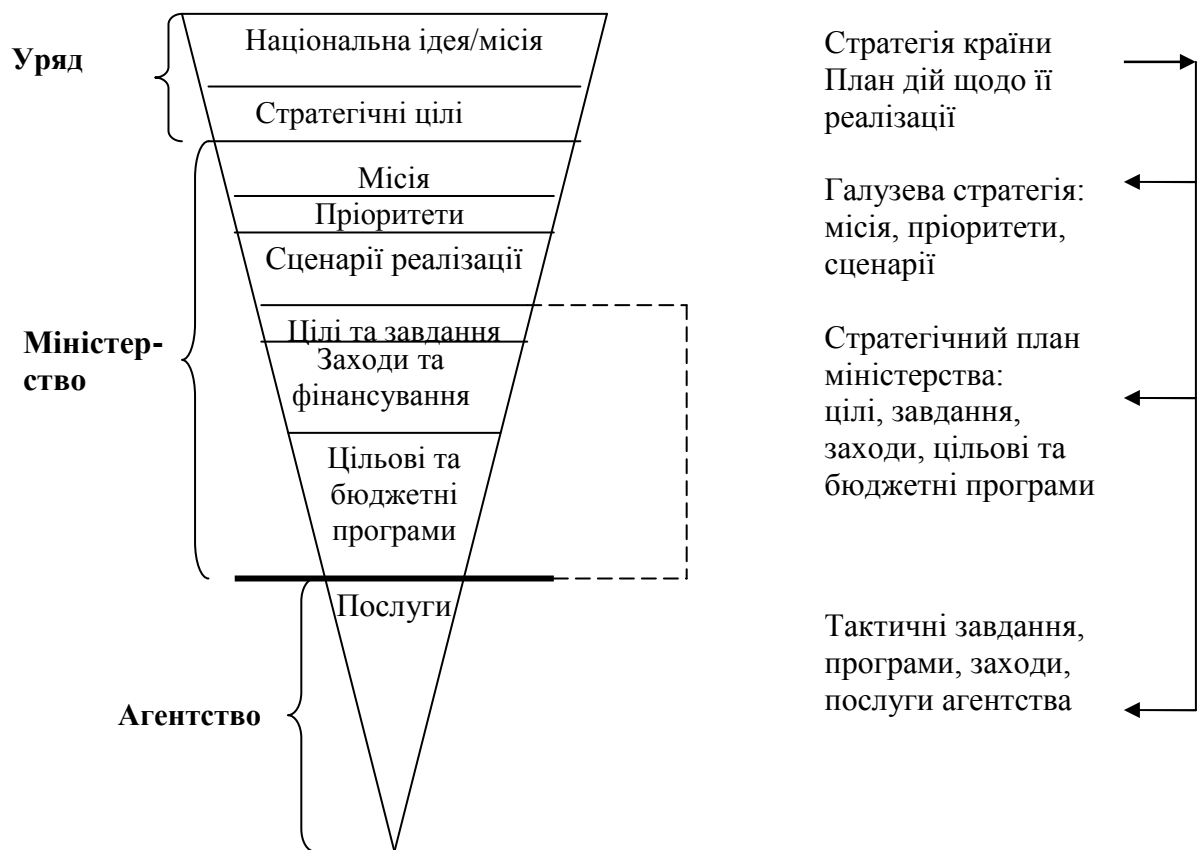


Рис. 6.2 Взаємозв'язок документів державного стратегічного планування

ієрархічних рівнів і підпорядкування завдань всіх програмних документів єдиним загальнонаціональним пріоритетам.

Взаємозв'язок цілей та пріоритетів такої системи документів представлено на рис. 6.2. Зазначені документи слугують орієнтиром для визначення стратегій, планів діяльності або дорожніх карт державних і приватних компаній реального сектору, зокрема компаній у сфері високих технологій, які вкладають великі інвестиції за достатньо високих ризиків отримання комерційного результату у майбутньому.

В умовах запровадження стратегічного планування та бюджетування, орієнтованих на результат, визначення видатків бюджетів усіх рівнів на здійснення діяльності державних організацій та виконання бюджетних програм має здійснюватися виходячи з оцінки їх результативності та ефективності і базуватися на суспільно значимих результатах використання державних коштів. Така система ґрунтується на формулюванні цілей, очікуваних результатів та критеріїв ефективності програм, розробленні показників кінцевих результатів, середньостроковому фінансовому плануванні. В її основі лежить формування дерева цілей і завдань стратегічного плану органу виконавчої влади. В результаті декомпозиції стратегічних цілей національного рівня формується підпорядкована сукупність необхідних умов досягнення головної цілі: цілі нижнього рівня

ієрархії підпорядковані цілям верхнього рівня, а цілі верхнього рівня не можуть бути досягнуті, поки не будуть досягнуті цілі найближчого нижнього рівня. Така схема цілей є основою для синтезу завдань, що здійснюється у напрямі від нижніх рівнів управління до верхніх.

Стратегічні плани державних органів влади формують нижній ієрархічний рівень системи документів стратегічного планування. П'ятирічні стратегічні плани розробляються у США та Казахстані. У Великобританії аналогічну роль виконують Угоди про державні послуги (Public Service Agreements), що розробляються на три роки, в Австралії та Данії - доповіді про результати діяльності, у Російській Федерації – доповіді про результати та основні напрями діяльності федеральних органів виконавчої влади [71].

Досвід зазначених країн показує, що важливими факторами дієвості стратегій та програм є:

- концептуальне мислення у стратегічних масштабах з наголосом на реалістичні цілі;
- ціннісний підхід, за яким основні цілі і завдання програм повинні бути аргументовані з урахування загальнозначимих для більшості населення цінностей на вирішення проблем, які хвилюють потенційних отримувачів благ;
- орієнтація як планування, так і розподілу бюджетних видатків на отримання результату та прозорі схеми розподілу коштів;
- чітке визначення кількісних цільових індикаторів для оцінки прогресу та наявність для цього статистичних даних і результатів додаткових опитувань;
- наявність чітких методичних рекомендацій щодо порядку та формату розробки комплексних документів для забезпечення скоординованих дій всіх організацій-виконавців;
- проведення аналізу витрат та вигод (cost-benefit analysis) від реалізації заходів політики та програм основних суб'єктів;
- конкретизація термінів виконання завдань та заходів;
- регулярне проведення моніторингу та оцінки ефективності виконання заходів як внутрішнього, так і незалежного зовнішнього опитування, з поясненням причин невиконання та визначенням відповідальних структур і осіб;
- доступність для громадськості та соціальних партнерів результатів аналізу виконання програм і ефективності використання фінансових ресурсів;
- відкритість для всіх учасників процесу коригування завдань і заходів за підсумками моніторингу та оцінки.

Забезпеченість завдань стратегічних планів ресурсами досягається шляхом їх узгодження з видатками в процесі середньострокового бюджетного планування. Стабільність державного фінансування та можливості отримання довгострокових фінансових ресурсів з державного та приватного секторів є необхідною передумовою реалізації програм розвитку високих технологій, які мають, як правило, середньо - і довгостроковий цикл

життя. З цією метою більшість країн ОЕСР - технологічних лідерів - запровадили середньострокове бюджетне планування та прогнозування як основу сталого державного управління.

У США порядок формування федерального бюджету передбачає розроблення середньострокових прогнозів бюджетних видатків на термін від 5 до 10 років, а довгострокових до 75 років. У Європейському Союзі термін дії Рамкових програм досліджень та розвитку становить 7 років. Рішення ЄС щодо Пакту стабільності та зростання (The Stability and Growth Pact), прийняті у 2005 р., рекомендують країнам-членам ЄС запровадити середньострокове бюджетне планування для забезпечення стабільності розвитку в умовах структурних зрушень та старіння населення [72]. Це дозволяє активно залучати кошти приватного бізнесу до реалізації планів та програм у сфері науки і технологій з використанням відпрацьованих механізмів державно-приватного партнерства.

Визнання у 80-90-х роках минулого століття розвиненими країнами наукоємних технологій головним рушієм економічного зростання активізувало розбудову на державному рівні систем планування та управління науково-технологічного розвитку, зокрема розвитку високих технологій. Визнаними лідерами у сфері СПУ є США і ЄС, які здійснюють стратегічне планування на спільних методичних засадах з урахуванням відмінностей, характерних для інструментів координації та забезпечення ефективності діяльності суб'єктів країн.

6.3 Стратегічне планування науково-технологічного розвитку США як платформа для координації нанотехнологічних досліджень

Сполучені Штати Америки на початку XXI століття зберігають лідерство у сфері досліджень і розвитку високих технологій, забезпечуючи 37 % світового обсягу інвестицій у них, 38 % загальної кількості патентів, отриманих у патентних офісах США, ЄС та Японії, позитивний технологічний платіжний баланс та високу частку (на рівні 26 % у 2007 р.) високотехнологічного експорту у загальному обсязі товарного експорту на рівні [73].

Держава є активним суб'єктом американської науково-технологічної політики. Частка фінансування з федерального бюджету у загальних видатках на наукові дослідження і розробки становить близько 28 % (2007 р.). Але роль держави виходить за межі прямого фінансування НДДКР і полягає також у створенні умов для розвитку приватної ініціативи та трансферу технологій, визначенні найбільш перспективних і важливих напрямів досліджень, розробці стратегії технологічного розвитку країни, механізмів захисту прав інтелектуальної власності, розвитку людського потенціалу [74].

На наш погляд, серед головних факторів ефективного державного управління розвитком індустрії високих технологій у США можна виділити [75]:

- чітко відпрацьовану технологію розроблення стратегічних документів, яка охоплює визначення політичних напрямів і процедур, цілей і стандартів представлення результатів, розроблення бюджетів, програм і планів дій, моніторинг і оцінку;
- гнучкі ринкові методи стимулювання інновацій та трансферу технологій від державних лабораторій і дослідницьких центрів до ринку;
- федеральну контрактну систему, що гарантує стимулюючу роль контрактів для приватних фірм при дотриманні інтересів держави [76];
- систему угод про співробітництво у сфері НДДКР (Cooperative Research and Development Agreements), яка надає певну самостійність у розподілі витрат між учасниками угоди і забезпечує їхню взаємодію під час передачі технологій;
- наявність достатньої кількості адміністраторів із досліджень та системи їхньої сертифікації, що дозволяє підвищити ефективність управління проектами за рахунок відокремлення дослідницької діяльності від адміністративної;
- прогресивну комп'ютеризацію суспільства, яка забезпечує потоки знань та інформації як головного ресурсу інноваційної економіки;
- детально відпрацьоване патентне законодавство;
- грамотну міграційну політику, спрямовану на залучення талановитих вчених для здійснення досліджень і розробок на території США.

В основу дієвості цих методів та механізмів покладено ідеологію державно-приватного партнерства, за якої держава, використовуючи ринкові механізми залучення приватного капіталу до створення технологічних інновацій, залишає за собою роль головного ініціатора впровадження нових технологій. За такого підходу концепція прямих державних замовлень відходить у минуле, поступаючись місцем концепції розподілу ресурсів, ризиків та відповідальності між усіма учасниками державного замовлення [77].

Реалізація стратегічних пріоритетів США у сфері науково-технологічного розвитку здійснюється як шляхом фінансування великих проектів щодо розроблення, розвитку та виведення на ринки проривних технологій, які мають забезпечувати країні технологічне лідерство, так і шляхом сприяння інноваційному підприємництву, підтримки конкурентного середовища, мереж та кластерів, ліквідації бар'єрів для виходу на ринки.

В основі такої політики лежить відпрацьована у США модель: дослідницькі університети – бізнес-інкубатори – технологічні і наукові парки – інноваційний студентський бізнес – венчурні фонди – малі інноваційні підприємства. Досягнення критичної маси таких малих інноваційних підприємств – лідерів в оновленні виробництва та впровадженні сучасних технологій, веде до прогресивних структурних змін в економіці.

Початком проведення такої політики США можна вважати прийняття у 1980 р. ключових законів, спрямованих на активну комерціалізацію результатів наукових досліджень, створених за підтримки Федерального уряду: Закону Бей-Доула (Bayh-Dole Act, 1980, Public Law 96-517) та Закону про технологічні інновації Стевенсона-Уайдлера (Stevenson-Wydler Technology Innovation Act, 1980), а також низки законів у сфері передачі федеральних технологій та регулювання доступу до комерційної інформації. Зокрема, на базі Закону "Про передачу федеральних технологій" (The Federal Technology Transfer Act of 1986 – P.L. 99-502) впроваджено новий юридичний інструмент – Угоду про співробітництво у сфері досліджень і розробок (Cooperative Research and Development Agreements – CRADAs), яка надає певну самостійність у розподілі витрат між учасниками угоди і є фактично механізмом взаємодії федеральних та інших установ науки й економіки під час двостороннього процесу передачі технологій [78].

Кошти федерального бюджету розподіляються на конкурсній основі через систему федеральних контрактів та грантів, які надаються головним чином приватним промисловим корпораціям та іншим організаціям недержавної форми власності, а також федеральним лабораторіям і дослідницьким центрам. Більше 90 % цих коштів розподіляються через шість департаментів та агентств: Департамент оборони, Департамент охорони здоров'я та людських ресурсів, Департамент енергетики, Національну адміністрацію з аеронавтики та космічних досліджень, Національний науковий фонд (ННФ), Департамент сільського господарства. Офіс наукової та технологічної політики (ОНТП), очолюваний помічником Президента США з питань науки та технологій, координує реалізацію науково-технологічної політики в уряді, а Офіс управління та бюджету (ОУБ) допомагає Президенту в формуванні його річного бюджету, у тому числі у частині наукових досліджень та розвитку. Конгрес США здійснює оцінку та приймає щорічний президентський бюджет, нерідко із значними змінами, і відіграє важливу роль у формулюванні та нагляді за реалізацією державної наукової політики.

Кожний із зазначених департаментів та агентств фінансує проекти через систему грантів і контрактів або управляє дослідницькими структурами (федеральними лабораторіями). Крім того, держава здійснює підтримку понад 60 % досліджень, що здійснюються в американських університетах.

Засади сучасної системи стратегічного планування США та її взаємозв'язку з бюджетуванням визначені Законом 1993 р. "Про оцінку результатів діяльності державних установ" (Government Performance Results Act - GPRA). Відповідно до цього Закону кожна державна установа повинна надавати до ОУБ Адміністрації Президента та Конгресу затверджений п'ятирічний стратегічний план своєї діяльності та річний план досягнення результатів, що базується на завданнях п'ятирічного плану. Агентства повинні здійснювати щорічну самооцінку результативності виконання поставлених цілей і надавати її Конгресу та ОУБ під час подання запиту на

фінансування на наступний рік. Офіс здійснює власну оцінку та рейтингування державних установ і оприлюднює дані на своєму веб-сайті.

Так, Стратегічний план Національного наукового фонду на 2006-2011 роки (далі – Стратегічний план) містить пріоритети та завдання американської науки, спрямовані на підтримання стабільно високого рівня конкуренто-спроможності американських підприємств в умовах глобальних змін. План визначає місію, ключові цінності, бачення і стратегічні кінцеві цілі діяльності, пріоритети для розподілу інвестиційних фондів та внутрішніх ресурсів (рис. 6.3), визначає структурні підрозділи, відповідальні за реалізацію Стратегічного і річних планів, формування і виконання бюджету.



Рис. 6.3 Стратегічні цілі Національного наукового фонду США

Оновлення Стратегічного плану ННФ на 2011-2016 роки «Розширення можливостей нації через відкриття та інновації» здійснюється з урахуванням завдань Стратегії американських інновацій до 2020 року⁴⁰. Три стратегічні цілі забезпечать програмну та операційну підтримку діяльності у напрямках:

трансформувати кордони: акцент на безшовну інтеграцію досліджень та освіти, сильний зв'язок дослідницької інфраструктури та відкриттів;

здійснювати інновації для суспільства: увага до міцного зв'язку між програмами ННФ та суспільними потребами, висвітлення ролі нових знань та креативності для економічного процвітання і добробуту суспільства;

виступати як модель організації: підкреслюється важливість для ННФ досягати досконалості та залучення у всіх аспектах діяльності.

Громадськість грає суттєву роль у ініціюванні змін до напрямів науково-технологічної політики та оцінці результативності витрачання

⁴⁰ Empowering the Nation through Discovery and Innovation. FY 2012 NSF Budget Request to Congress. - [Електронний ресурс]: <http://www.nsf.gov/about/budget/>

бюджетних коштів. Зазвичай ці зміни ініціюються Президентом США у його посланнях до нації і надалі після широких обговорень у суспільстві та дебатів у палатах Конгресу приймаються у вигляді законів, обов'язкових до виконання. Положення законів слугують основою для формування стратегій, планів дій головних розпорядників бюджетних коштів, а також щорічних бюджетних запитів Президента на розвиток пріоритетних напрямів науки та технологій.

Так, швидка трансформація політики у сфері науки та технологій на початку XXI століття щодо сприяння інноваціям стартувала після опублікування доповідей громадських організацій: у 2004 р. - доповіді Ради з конкурентоспроможності "Інноваційна Америка: процвітання у світі викликів та змін" (Innovative America: Thriving in a World of Challenge and Change), а у жовтні 2005 р. – доповіді Національних академій під назвою "Підйом на наростаючій бурі" (the Rising Above the Gathering Storm) [80].

На пропозиції авторів цих доповідей щодо формування стратегії переорієнтації американського суспільства для створення середовища, сприятливого для інновацій, Білий дім підготував доповідь "Американська ініціатива конкурентоспроможності", оприлюднену у 2006 р. у Посланні Президента Дж. Буша до нації. Президент закликав протягом 10 років здійснити подвійне збільшення обсягів державного фінансування ННФ, Офісу науки Департаменту енергетики та Національного інституту стандартизації та метрології, введення на постійній основі звільнень видатків на науку від обкладення корпоративним податком, покращання освіти у сфері математики та природничих дисциплін.

Оголошення Президентської ініціативи сприяло розробленню низки законопроектів щодо підвищення конкурентоспроможності, які в подальшому були об'єднані в Закон "Америка конкурує" (the America COMPETES Act) у серпні 2007 р. [81]. Нові ініціативи включали радикальне зростання бюджетів наукових інституцій, у тому числі подвоєння обсягів бюджету ННФ, розширення високоризикових дослідницьких проєктів, реформування системи досліджень, сприяння науковцям та інженерам.

У 2008-2009 рр. умови розвитку більшості країн світу суттєво погіршилися з огляду на розгортання фінансово-економічної кризи. Новий Президент США Б. Обама мав представити нації власну стратегію підтримки американської економіки та її відновлення на основі лідерства в опануванні нової хвилі технологій та інновацій.

Протягом 2009 р. у відповідь на його ініціативи прийнято Закон "Про відновлення та реінвестування американської економіки" (the American Recovery and Reinvestment Act, скорочено - the Recovery Act) та "Стратегію американських інновацій: рух до сталого зростання та якісних робочих місць".

The Recovery Act для відновлення економічної активності та створення робочих місць передбачає:

- зменшення податків для бізнесу та працюючих сімей;

- збільшення обсягів державного замовлення через механізм федеральних контрактів, грантів та інвестицій у проекти, що забезпечать довгострокове економічне зростання, у тому числі на наукові дослідження;

- вимогу до отримувачів ресурсів від федеральних фондів щоквартально надавати звіти про використання ними коштів, а до Ради економічних радників Президента – готувати доповіді про економічний вплив впровадження зазначеного Закону тощо [82]. Виконання цих вимог сприяє більш відповідальному та цільовому витрачання коштів федерального бюджету та відкритості цього процесу для громадськості.

Іншим нововведенням є розроблення Національним науковим фондом та оприлюднення на своєму сайті Директивного плану відкритого уряду [83]. Цей план є відповіддю на заклик Президента США щодо підвищення прозорості урядової політики, який міститься у меморандумі від 21.01.2009 р. "Прозорість та відкритий Уряд" (Transparency and Open Government).

"Стратегія американських інновацій: рух до сталого зростання та якісних робочих місць" є фактично стратегією розвитку американської економіки на наступне десятиріччя. Вона підтвердила прихильність стратегічним пріоритетам підтримки конкурентоспроможності американського бізнесу, що базується на інноваціях, високих технологіях та свободі підприємництва [84].

Стратегія визначає три стратегічні пріоритети та пакети відповідних завдань для державних інституцій та бізнесу:

- 1) інвестування в американські інновації;
- 2) сприяння конкурентним ринкам, які заохочують продуктивне підприємництво;
- 3) каталізація проривних національних пріоритетів.

У лютому 2011 року Стратегія американських інновацій оновлена під назвою "Забезпечення нашого економічного зростання та процвітання", в ній посилені акценти на співпраці приватного сектора та держави в інноваційній системі. Пропонується подвоєння бюджету на високо ризикові дослідження у сфері біо-, інфо- та нанотехнологій для трьох ключових наукових агентств: Національного наукового фонду, Департаменту енергетики та Національного інституту стандартів і технологій. Визначено кроки для прискорення революції чистої енергетики та сприяння енергоефективним галузям⁴¹.

6.4. Національна нанотехнологічна ініціатива у системі стратегічного планування США

Реалізація стратегічних пріоритетів у сфері високих технологій здійснюється шляхом розроблення окремих стратегічних планів, у більшості випадків міжсекторальних, які вимагають потужних інструментів координації та розраховані на довготерміновий період. Прикладом

⁴¹ A Strategy for American Innovation: Securing Our Economic Growth and Prosperity. [Електронний ресурс]: <http://www.whitehouse.gov/innovation/strategy>

стратегічного планування є американська програма Національна нанотехнологічна ініціатива (NNI), що стартувала у 2001 р.

Започаткуванню NNI передувало створення у листопаді 1996 року міжвідомчої робочої групи з питань розвитку нанотехнологій у складі представників декількох агентств, проведення нею робочих семінарів та навчань з метою вивчення стану розвитку нанонауки і нанотехнологій та прогнозування можливих напрямів їх розвитку, а також публікація у липні-вересні 1999 року доповідей "Наука і технології наноструктур: світовий огляд" та "Напрями розвитку нанотехнологій", які заклали підґрунтя для розроблення національної стратегії [85].

У 2001 р. Адміністрація Президента Клінтона підняла проблему до рівня федеральної ініціативи, включивши розроблений міжвідомчою робочою групою проект плану розвитку науки і технологій нанорівня до бюджетного запиту Президента до Конгресу.

Процедури програмування, бюджетування, моніторингу, надання звітності та контролю за виконанням NNI врегульовано у 2003 р. Законом США "Про дослідження та розвиток нанотехнологій у XXI столітті" [86]. Згідно із зазначеним Законом Національна рада з науки та технологій (НРНТ) повинна здійснювати нагляд за плануванням, управлінням та реалізацією програм всіх агентств-співвиконавців завдань програми, встановлювати цілі та пріоритети, програмні компоненти (Program component areas або PCAs), розробити протягом 12 місяців після прийняття Закону перший Стратегічний план реалізації NNI і в подальшому коригувати його кожні три роки з метою управління діяльністю агентств-співвиконавців для досягнення визначених цілей, пріоритетів та результативних показників.

Стратегічний план давав відповіді на питання, що стосуються:

- шляхів передачі результатів досліджень від лабораторій до виробництва з метою надання вигод суспільству;
- програмної підтримки коштів, що надаються на довгостроковий термін, для виконання міждисциплінарних досліджень;
- розподілу коштів для виконання міжвідомчих проектів.

Зазначений федеральний Закон визначає програмні компоненти (PCAs) як основні тематичні напрями, за якими здійснюється групування відповідних проектів NNI та розподіл інвестицій (табл. 6.1).

Інтенсивність кольору зафарбування клітин табл. 6.1 свідчить про ступінь зв'язку між окремими цілями та програмними компонентами: чим темніший колір, тим більш критичною є необхідність інвестування за окремими напрямами. Виходячи з оцінки критичності таких інвестицій, міністерства і агентства-співвиконавці здійснюють планування щорічних обсягів інвестицій у дослідження і пропонують їх для включення у доповнення до бюджету.

**Взаємозв'язок між програмними компонентами
та стратегічними цілями NNI***

Цілі Програмні компоненти	Ціль 1: Просування нанотехнологічних досліджень світового класу та розвиток програм	Ціль 2: Прискорення нових трансферу технологій у продукцію для комерційної та суспільної вигоди	Ціль 3: Розвиток освітніх ресурсів, кваліфікованої робочої сили і підтримуючої інфраструктури інструментів просування та для	Ціль 4: Підтримка відповідального розвитку нанотехнологій
Фундаментальні явища та процеси нанорівня				
Наноматеріали				
Винаходи і системи нанорівня				
Інструментарій досліджень: метрологія та стандарти				
Нановиробництво				
Придбання обладнання та інструментарію досліджень				
Довкілля, охорона здоров'я та безпека				
Освіта та соціальні виміри				

*Джерело: Національна нанотехнологічна ініціатива. Стратегічний план. 2007 [87].

Динаміку зростання інвестицій (згідно з бюджетом програми NNI) протягом 2001-2009 рр. (станом на грудень 2010 року) відображено на рис. 6.4 [88]. У показниках 2009 р. не враховувалися обсяги бюджетних коштів, які виділялися відповідно до Закону про відновлення та реінвестування економіки 2009 р. (The Recovery Act of 2009).

У 2010 р. бюджетна підтримка програми NNI складала близько 1,8 млрд. дол., аналогічний обсяг інвестицій для 15 агентств-співвиконавців передбачається у бюджетній пропозиції на 2011 фінансовий рік. Загальна сума інвестицій на 2001-2011 рр. становить близько 14 млрд. дол. З цієї суми на проведення нанодосліджень у сфері екології, здоров'я людей та безпеки протягом 2005-2011 рр. призначено понад 480 млн. дол. США.

Понад 95 % всіх інвестицій для реалізації програмних компонентів розподіляються Департаментом оборони, ННФ, Департаментом енергетики,

Департаментом охорони здоров'я та послуг населенню (включаючи Національний інститут здоров'я), а також Департамент торгівлі (включаючи Національний інститут стандартів і технологій).

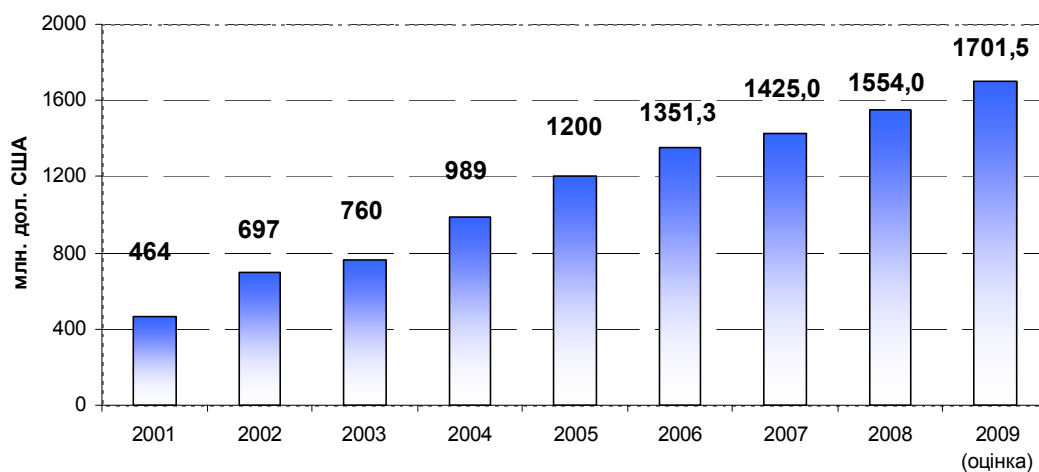


Рис. 6.4 Обсяги бюджетних інвестицій на дослідження за програмою NNI у 2001-2009 рр.

Національна Рада з науки та технологій, окрім трьохрічного стратегічного плану, готує щорічну доповідь про його виконання та надає її разом з Президентським запитом до Комітету торгівлі, науки і транспорту Сенату та Комітету з науки Палати представників.

Щорічна доповідь про виконання стратегічного плану повинна включати у себе:

- бюджет програми на поточний та наступний фінансові роки у розрізі агентств-співвиконавців програми, програмних компонентів, поточних видатків та видатків на придбання обладнання для досліджень;

- аналіз прогресу у досягненні цілей і пріоритетів;

- аналіз ступеню врахування рекомендацій, підготовлених Групою радників Президента;

- оцінку виконання стратегічного плану всіма федеральними агентствами, у тому числі реалізації Дослідницької програми інновацій малого бізнесу (Small Business Innovation Research Program - SBIR) та Дослідницької програми трансферу технологій для малого бізнесу (Small Business Technology Transfer Research Program - SBTTR), з описом фондів для підтримки виконання плану.

Президент відповідно до Закону створює Національний офіс з координації нанотехнологій (National Nanotechnology Coordination Office) та Групу радників, яка повинна здійснювати оцінку тенденцій у сфері розвитку нанотехнологій та досягнення прогресу у впровадженні програми, оцінку якості управління реалізацією програми, збалансованості програмних компонентів, рекомендації щодо необхідності коригування завдань. Група радників доповідає Президенту про стан виконання програми не рідше ніж один раз на два роки.

Моніторингу та стратегічній оцінці результатів виконання такого роду складних документів, які охоплюють велику кількість програмних компонентів, виконавців та потребують великих інвестицій, приділяється велика увага з боку уряду та Конгресу. Крім аналізу результатів програми відповідальними структурами Адміністрації Президента та оцінки витрачання коштів незалежну і ґрунтовну оцінку результативності реалізації всіх програмних компонентів по всіх агентствах-учасниках і надання рекомендацій щодо коригування та оновлення цілей та завдань стратегічного плану, здійснює кожні три роки відповідно до Закону Національна дослідницька Рада Національної академії наук.

Перший перегляд цілей, завдань і програмних компонентів Стратегічного плану на 2004-2006 роки було здійснено після громадських обговорень у грудні 2007 року, а в лютому 2008 року оприлюднено Стратегію нанотехнологічних досліджень у сфері екології, здоров'я та безпеки ("Strategy for Nanotechnology-Related Environmental, Health and Safety Research") або скорочено ННІ ДЕЗБ). Таким чином до портфелю програм і проектів рамкової програми ННІ додано новий компонент з п'яти пріоритетних напрямів досліджень: з метрологічних досліджень, впливу наноматеріалів на людське здоров'я, екологію, оцінки людської та екологічної незахищеності, методів управління ризиками.

Розгортання такого роду досліджень пов'язано із зростаючою стурбованістю громадськості щодо невизначеності властивостей і потенційного впливу наноматеріалів на різні сфери людського життя. Їх метою є проведення:

лабораторних і польових досліджень та вимірювань впливу наночасток на здоров'я людей та довкілля на всіх стадіях життєвого циклу наноматеріалів: концентрації в екологічних та біологічних системах, умови їх трансформації у шкідливі речовини, тощо, створення та підтримка відповідних баз даних;

здійснення оцінки ризиків та критичних доз шкідливих речовин;

управління ризиками – напрацювання рекомендацій для розроблення варіантів політики у різних сферах життєдіяльності людей.

Такі дослідження координуються Робочою групою з впровадження наноматеріалів у сфері екології та здоров'я (Nanotechnology Environmental and Health Implications Working Group – NEHI WG) у складі Національної Ради з науки і технологій, яка здійснює узагальнення потреб у дослідженнях таких ключових департаментів як Департамент охорони здоров'я та людських ресурсів, Департамент сільського господарства, Департамент оборони, Департамент енергетики, Агентство із захисту екології, Національний науковий фонд, а також Національного інституту стандартів і технологій.

Протягом 2010 року здійснено перегляд Стратегічного плану ННІ 2007 року, а у лютому 2011 року оприлюднено новий Стратегічний план ННІ на 2011 рік та наступні роки, розроблений з урахуванням досягнутого прогресу в дослідженнях та нових знань про вплив наноматеріалів на здоров'я людей і довкілля та управління такими ризиками. В оновленому Стратегічному плані

залишилися незмінними чотири стратегічні цілі та вісім програмних компонентів (табл. 1), разом з тим вперше визначено конкретні завдання для кожної стратегічної цілі, які диктують конкретні кроки для кожного агентства-учасника у напрямі досягнення спільного бачення та заданих цілей. Це буде додатковим інструментом посилення координації досліджень між агентствами та використання ними ресурсів.

6.5 Стратегічні підходи до планування та координації розвитку науки і технологій у Європейському Союзі

Європейська модель стратегічного планування економічного та науково-технологічного розвитку, базуючись на принципах орієнтації на довгострокові проблеми, прозорості, підзвітності, відповідальності, врахування думок різних сторін, які визначають вимоги до ефективного державного управління, має свої особливості, пов'язані з формою правління таким багатонаціональним об'єднанням країн, яким сьогодні є Європейський Союз. На відміну від США з сильною президентською вертикаллю влади, відпрацьованою системою формування та реалізації політики федерального уряду та достатньо гнучкими ринковими методами стимулювання нововведень у приватному секторі, Європейський Союз є порівняно молодого спільнотою, до якої входять з 27 країн-членів та 3 країни-асоційованих членів з різним рівнем економічного розвитку, де переважає парламентська демократія. Після двох хвиль розширення ЄС сформувалася Європа "двох швидкостей". При цьому на першому плані постало питання конвергенції та соціальної згуртованості європейської спільноти як головної передумови формування конкурентоспроможної економіки та перетворення її на лідера у глобальному змаганні XXI століття.

Управління такими складними утвореннями вимагає чіткої регламентації процедур формування та прийняття рішень на рівні структур Європейського Союзу та національних урядів країн-членів ЄС і сильної координації цієї діяльності з метою досягнення довгострокової цілі – забезпечення глобального лідерства через партнерство. Методичні засади формування системи стратегічних документів ЄС та інструментарій їх розроблення, узгодження, реалізації, оцінки ступеню досягнення цілей і економічного впливу врегульовані нормативними актами Європейської комісії, але постійно удосконалюються у відповідь на безперервні зміни глобального середовища та розширення складу ЄС.

Розроблення Стратегії розвитку нанотехнологій у Європейському Союзі та планів дій щодо її реалізації здійснюється відповідно до загальних принципів стратегічного планування, а конкретні завдання, заходи, виконавці та обсяги фінансування визначаються на п'ять років у процесі взаємоузгодження планів дій щодо реалізації стратегічних документів розвитку економіки Європейського співтовариства, зокрема Лісабонської стратегії, розвитку єдиного наукового простору та основного інструменту

його реалізації - Рамкових програм з досліджень та технологічного розвитку, а також стратегічних планів відповідних директоратів Єврокомісії та інституцій – конкретних виконавців наукових досліджень.

Крім того, цей процес взаємоузгоджень здійснюється з позиції горизонтального підходу – шляхом координації процесу розроблення і реалізації стратегічних документів Єврокомісії і національних програм реформ країн-членів ЄС, а також національних програм розвитку науки, технологій та інновацій. Він підпорядковується головній меті – досягнення конвергенції у рівнях економічного розвитку країн та якості державного управління в них.

Європейський Союз після прийняття у 2000 р. Лісабонської стратегії створення до 2010 р. найбільш динамічної та конкурентоспроможної економіки знань у світі (далі – Лісабонська стратегія) і визнання необхідності підвищення конкурентних позицій економік європейських країн через науково-технологічний розвиток та інновації, проголосив одним із своїх головних пріоритетів проведення реформи державного управління у напрямі більшої відповідності вимогам економіки знань.

Опублікована у 2001 р. Біла книга про європейське управління (White Paper on European Governance) закликала до більшої відкритості, підзвітності та відповідальності та визнала важливим взаємоузгодження цілей та механізмів різних напрямів політики, які так чи інакше стосуються науково-технічної та інноваційної діяльності, а також гнучкість і адаптацію відповідних державних інституцій до нових завдань. Критичний перегляд Єврокомісією у 2005 р. результатів виконання завдань Лісабонської стратегії показав недостатню результативність програм та інструментів поряд з нестачею стійкого когерентного підходу з боку країн-членів ЄС щодо досягнення поставлених цілей і, як наслідок, тенденцію відставання економіки ЄС від традиційних та нових конкурентів [89]. У березні 2005 року прийнято оновлену версію Лісабонської стратегії з акцентом на необхідності зменшення існуючого розриву між дослідженнями і ринком, збільшення ефективності інвестицій у знання та інноваційну інфраструктуру, створення підтримуючого підприємницького середовища. Посилено вимоги до стратегічного планування, зокрема щодо синхронізації та гармонізації національних програм економічного і соціального розвитку.

Відповідно до цих принципів відпрацьовано методичні засади та технологію планування, програмування і звітування про реалізацію політики Європейської комісії та її департаментів. Програмний цикл передбачає [90]:

- визначення Колегією комісарів пріоритетів та стратегічних цілей діяльності Єврокомісії на наступний рік з урахуванням п'ятирічних стратегічних цілей, встановлених обраним новим складом Єврокомісії на весь період її повноважень;

- формування щорічної стратегії на основі пропозицій структурних підрозділів Єврокомісії (включаючи політичні пріоритети на наступний рік та орієнтації у напрямі розподілу людських і фінансових ресурсів) та надання

її до Європарламенту та Ради для проведення дискусій у парламентських комітетах з наступним прийняттям Програми роботи Єврокомісії;

- прийняття кожним директором Єврокомісії (генеральним директором) власного плану управління, який визначає набір чітких, вимірюваних цілей для кожного виду його діяльності та індикаторів для моніторингу і звітування про прогрес у досягненні цілей та вплив цієї діяльності на громадськість ЄС;

- на операційному рівні – введення системи щомісячного планування порядку денного для забезпечення передбачуваності роботи Єврокомісії та інформування урядових інституцій і громадськості про заплановані ініціативи;

- запровадження у 2002 р. для допомоги в обґрунтуванні політичних рішень додаткової процедури оцінки впливу ініціатив політики Єврокомісії на економіку, довкілля та соціальну сферу з наданням відповідних рекомендацій;

- вимогу до всіх генеральних директоратів щодо закінчення бюджетного року готувати щорічну доповідь про діяльність з оцінкою ступеню виконання цілей, затверджених у річних планах; подання Єврокомісією зведеної доповіді за всіма напрямками політики до Європарламенту та Ради Міністрів.

Реалізація зазначених цілей оновленої Лісабонської стратегії здійснюється трьохрічними циклами через дві інтегровані програми: Рамкову програму конкурентоспроможності та інновацій ЄС на 2007-2013 рр. та 7-му рамкову програму з досліджень та технологічного розвитку на 2007-2013 рр., а також низку інших програм та інструментів, розроблених для їх реалізації. Зміцнення повноважень та підзвітності відбувається шляхом чіткого розподілу відповідальності за реалізацію Співтовариством і країнами-членами ЄС напрямів реформ [91].

Головні організаційні інструменти реалізації Лісабонської стратегії у економічній сфері та сфері досліджень на рівні країн-членів ЄС включають:

- інтегровані методичні рекомендації (integrated guidelines) для орієнтації країн-членів ЄС щодо цілей та завдань економічної політики та політики зайнятості під час розроблення ними національних програм реформ;

- національні програми реформ країн-членів ЄС;

- рекомендації країнам-членам з боку Єврокомісії за результатами щорічного аналізу виконання національних програм реформ;

- відкритий метод координації (Open Method of Coordination), рекомендований для використання всіма країнами-членами ЄС з метою узгодження цілей, індикаторів, фінансових інструментів та процедур координації, необхідних для більш ефективного виконання завдань Лісабонської стратегії.

Для зміцнення управління економікою в Європі у новому десятилітті Єврокомісія разом із стратегією "Європа – 2020: стратегія для розумного, сталого та всеохоплюючого зростання" (далі Європа – 2020) схвалила і низку

оновлених інструментів координації політики під умовною назвою "Європейський семестр", який передбачає синхронізацію виконання програм реформ та національних бюджетів. Цей інструментарій стартує у січні 2011 р. з презентації Європейською комісією Європарламенту Щорічного огляду зростання (Annual Growth Survey або скорочено AGS). Країни-члени ЄС мають представити свої програми стабільності та конвергенції та національні програми реформ у квітні для оцінки їх Єврокомісією. За результатами їх оцінки Комісія на початку липня має надати урядам країн-членів ЄС рекомендації з політичних питань, а національні уряди урахувати ці рекомендації на завершальній стадії формування своїх [92].

Разом з Європейським стабілізаційним механізмом для збереження фінансової стабільності в Європі, який схвалено Радою 9 травня 2010 року, Європейський семестр допоможе зміцнити як економічний, так і монетарний союз та посилити координацію політики (яка до цього вважалася надто м'якою і не забезпечувала досягнення проголошених Лісабонською стратегією амбітних цілей) на рівні Співтовариства та країн-членів ЄС.

Крім Лісабонської стратегії та Стратегії «Європа – 2020» головними політичними документами, які визначають напрями розвитку європейської системи досліджень та удосконалення інструментів політики, є:

бачення і стратегія розвитку Єдиного наукового простору (ЄНП) як середовища для вільного руху знань та співпраці науковців без кордонів;

рішення Єврокомісії стосовно Рамкових програм з досліджень та технологічного розвитку (Рамкових програм або РП) як головного інструменту підтримки взаємопов'язаних досліджень та інновацій в науці та технологіях у ЄС, який забезпечує фінансування на засадах відкритого конкурсу та незалежної оцінки.

Концепція ЄНП, запроваджена у червні 2000 року, стала однією з складових Лісабонської стратегії у напрямі підвищення результативності досліджень у Європі та перетворення знань на джерело економічного зростання та створення продуктивних робочих місць. Згідно з рекомендаціями Зеленої книги з Європейського наукового простору (від 4 квітня 2007 року) ЄНП повинен забезпечувати [93]:

- рух компетентних дослідників з високим рівнем мобільності між інститутами, галузями і країнами;
- науково-дослідну інфраструктуру світового класу, комплексну, мережеву і доступну для команд дослідників з різних країн Європи та світу;
- досконалі науково-дослідні інституції, що формують ядро кластерів основних наукових досліджень та інновацій;
- ефективний обмін знаннями, зокрема, між державними дослідницькими центрами та промисловістю, а також з громадськістю;
- добре скоординовані дослідницькі програми європейського рівня;
- міжнародну інтеграцію з особливим акцентом на сусідні країни.

ЄНП повинен забезпечити створення єдиного ринку для вільного руху дослідників, технологій та знань в Європі та ефективну координацію на європейському рівні національних і регіональних програм, політики та

науково-дослідної діяльності. Проте, за оцінками експертів, зазначених цілей повною мірою не досягнуто. Зокрема, відмічалось таке:

- національні та регіональні програми у сфері науки та технологій країн-членів ЄС здійснювалися незалежно одна від одної, охоплюючи 85 % загального обсягу інвестицій ЄС у НДДКР, що приводило до дублювання окремих досліджень і не сприяло отриманню критичної маси структурних змін;

- координація між фінансуванням на національному та регіональному рівнях була недостатньою і буде залишатися неефективною без домінування європейських перспектив;

- фрагментація фінансованих державою досліджень продовжує негативно впливати на привабливість Європи для інвесторів;

- у компаній виникають труднощі при встановленні партнерських зв'язків з університетами;

- попри велику кількість ініціатив та програм, розроблених на рівні ЄС для реалізації Лісабонської стратегії, їх внесок у досягнення заявлених цілей був недостатнім (Інноваційна стратегія, Стратегія сталого розвитку).

Координація цілей і політичних завдань на рівні Єврокомісії та урядів країн-членів ЄС базується на використанні відкритого методу координації та спільних рекомендацій з економічного розвитку та зайнятості, які включають і ключові завдання у сфері науки і технологій. Однак, на наш погляд, цей механізм є надто м'яким і не забезпечує необхідної концентрації ресурсів.

У грудні 2008 року Єврокомісією на виконання рекомендацій Зеленої книги схвалено документ Бачення Європейського наукового простору до 2020 року [94]. Головна мета п'яти нових ініціатив – впровадження "п'ятої свободи" у ЄС (вільного руху знань) шляхом:

- створення привабливих умов для дослідників (науковців) у Європі;
- зміцнення координації досліджень та кооперації між учасниками;
- спільного програмування досліджень;
- створення розгалуженої дослідницької інфраструктури у країнах-членах;
- покращення умов для міжнародної кооперації у сфері науки і технологій.

Найбільш вагомими інструментами підтримки високих технологій у Європі є Рамкові програми, Європейські технологічні платформи, Спільні технологічні ініціативи, Рамкова програма конкурентоспроможності та інновацій, фонди Європейської ради з досліджень, Спільного дослідницького центру (Joint Research Centre або JRC).

Практичним інструментом реалізації на загальноєвропейському рівні завдань Лісабонської стратегії у сфері досліджень, а з 2011 року нової стратегії "Європа – 2020" є фінансування та виконання Рамкових програм (далі – РП) з досліджень та технологічного розвитку. Такі програми реалізуються в ЄС з 1984 року.

Європейські технологічні платформи (ЄНП) створено на заклик Європейської Ради у 2003 році як форум для об'єднання технологічних ноу-

хау, промисловців, регуляторних та фінансових інституцій з метою визначення стратегічних напрямів розвитку провідних технологій та зміцнення ЄНП. До кінця 2008 року було створено 36 ЄНП, які охоплювали широке коло технологій, серед них і дві ЄНП з нанотехнологічних досліджень.

У новому десятилітті посиляться стратегічна роль Спільного дослідницького центру (СДЦ), який має забезпечувати наукову підтримку формування політики ЄС у сфері науки та інновацій. Відповідно до своєї Стратегії на 2010-2020 рр. JRC сконцентрує свою діяльність на зміцненні ЄНП, визначенні інтегрованих напрямів політики для нового П'ятирічного плану у сфері науки та інновацій для Європи, формуванні завдань і підпрограм 8-ї РП як інструменту реалізації Стратегії Європа – 2020 [95].

Запровадження спільного програмування є новим інструментом координації національних та регіональних дослідницьких програм країн-членів ЄС, який охоплює три стадії життєвого циклу програм (від їх ідентифікації через впровадження до моніторингу та оцінки) і повинен сприяти узгодженню тематики досліджень та оптимізації видатків країн-членів ЄС [96].

Доцільно також зупинитися на ініціативі нового керівництва Єврокомісії щодо створення групи експертів високого рівня з ключових розвиваючих (enabling) технологій, яка має розробити довгострокову стратегію промислового використання таких технологій для Європи. Такі технології як нанотехнології, мікро- та наноелектроніка, включаючи напівпровідники, біотехнології, фотоніка, нові матеріали та нові виробничі системи є надзвичайно важливими для формування майбутнього промисловості ЄС, маючи величезний ринковий потенціал, який оцінюється у 500-570 млрд. євро щорічно [97]. На рівні ЄС визнано необхідність розроблення політичних заходів щодо комерціалізації таких технологій та успішної капіталізації результатів власних досліджень.

Усі згадані ініціативи та інструменти повинні сприяти зміцненню потенціалу ЄС у сфері високих технологій, зокрема нанотехнологій.

Після ухвалення у червні 2010 року документу "Європа-2020" Рада ЄС схвалила 10 нових рекомендацій для економічної політики держав-членів ЄС та Європейського Союзу в цілому, які визначають напрями національних програм реформ до 2014 р. [98]. Три напрями з 10 стосуються політики у сфері науки та технологічного розвитку:

- 1) оптимізація підтримки у сфері досліджень, розвитку та інновацій зміцнення трикутника знань та розкриття потенціалу цифрової економіки;
- 2) покращання ресурсоефективності та зменшення викидів парникових газів;
- 3) покращання середовища для бізнесу та споживачів, модернізація індустріальної бази для забезпечення повноцінного функціонування внутрішнього ринку.

6.5.1 Європейська стратегія розвитку нанонаук і нанотехнологій – у напрямі посилення партнерства та концентрації ресурсів

Дослідження з питань розвитку нанотехнологій входять до тематики досліджень РП з 1998 р. У 5-й РП (1998-2002 рр.) щорічний обсяг фінансування технологій становив 45 млн. євро при загальному бюджеті 14,96 млрд. євро. Ці дослідження були складовою частиною практично всіх підпрограм 5-ї РП.

6-а РП (2000-2006 рр.) фокусувалася на розвитку нанотехнологій та нанонаук з бюджетом у 1,3 млрд. євро при загальному обсязі бюджетних асигнувань в 17,5 млрд. євро. До головних напрямів розвитку наносфери віднесено:

- нанотехнології та нанонауки;
- багатофункціональні матеріали, що базуються на знаннях;
- нові процеси та засоби виробництва.

7-ма РП (2007-2013 рр.) при загальному бюджеті у 50,5 млрд. євро надає 3,457 млн. євро на реалізацію підпрограми "Нанонауки, нанотехнології, матеріали та нові технології виробництва", що входить до складу спеціальної програми "Кооперація" [99].

На післякризовий період анонсується збільшення інвестицій у НДДКР в 7-й РП до 6,4 млрд. євро у 2011 р., що сприятиме "розумному зростанню" і збільшенню кількості робочих місць. На розвиток нанотехнологій передбачається виділити 270 млн. євро, сконцентрувавши їх на дослідження, які можуть завершитися патентуванням та комерціалізацією результатів [100].

На початку століття національні та регіональні ініціативи нараховували близько двох третин всіх державних інвестицій європейської спільноти на дослідження у сфері нанонаук і нанотехнологій, але були недостатньо зосереджені на загальному пріоритеті підвищення конкурентоспроможності європейської економіки, що призвело до програшу ЄС у змаганні з головними конкурентами у сфері високих технологій. У рішеннях Єврокомісії наголошувалося на необхідності покращення координації цих досліджень з метою отримання економії на масштабі та досягнення синергії з освітою та інноваціями у рамках "трикутника знань" [101].

Складний шлях розвитку інструментів координації політики на рівні ЄС та національному рівні і пов'язані з цим труднощі реалізації спільних пріоритетів науково-технологічної політики певною мірою обумовили відставання ЄС від США у прийнятті загальноєвропейського стратегічного документу у сфері нанотехнологій при приблизно рівних можливостях учених у цій сфері. У США програму NNI схвалено у 2001 р., а у ЄС рішення про Європейську стратегію з нанотехнологій під назвою "У напрямі європейської стратегії з нанотехнологій" (Towards a European Strategy for Nanotechnology) прийнято через три роки, п'ятирічний план дій "Нанонауки та нанотехнології: план дій для Європи 2005-2009" - у 2005 р., а резолюцію

Європейського парламенту з цих питань схвалено лише 28 вересня 2006 року.

Приймаючи загальноєвропейський стратегічний план, Єврокомісія закликала національні уряди до найефективнішого управління розвитком нанотехнологій та оптимізації ресурсів з огляду на загальну ціль Лісабонської стратегії щодо підвищення обсягів інвестицій у дослідження до 3 % від ВВП. Особливо наголошувалося, що імплементація інтегрованої стратегії на європейському рівні вимагає єдиних та скоординованих дій, а також прозорості та ефективної комунікації з урахуванням зростаючого інтересу європейських громадян до етичних питань впровадження наноматеріалів та нанотехнологій, а також їх безпечності для людського життя. З цією метою підрозділ Єврокомісії, відповідальний за впровадження Плану дій, має забезпечити:

- моніторинг та огляд впровадження Плану дій, його узгодженість з іншими напрямками політики ЄС (досліджень та розвитку, освіти та підготовки кадрів, зайнятості, напрямів розвитку підприємств, охорони здоров'я та захисту прав споживачів) та іншими ініціативами і планами дій ЄС;

- звітування про прогрес у виконанні Плану дій Єврокомісії та Європейському Парламенту кожні два роки з використанням індикаторів та (за необхідності) здійснення ревізії Плану дій;

- представлення низки дій таким чином, щоб сприяти корисній, вигідній, прибутковій та змістовній експлуатації нанотехнологій в ЄС, діалогу з громадськістю (комунікація 07.06.2005 р.).

Відповідно до цих завдань підготовлено два звіти про впровадження Плану дій: у липні 2007 року - за 2005-2007 рр. та у жовтні 2009 року - за 2005-2009 рр.

Резолюція Європарламенту щодо Плану дій для Європи у сфері нанонаук та нанотехнологій на 2005-2009 рр. базувалася на доповіді Комітету з промисловості, досліджень та енергетики Європарламенту та незалежного експерта М. Рансдорфа. Підкреслюючи, що нанонауки і нанотехнології є сферою з багатообіцяючими перспективами, та підтримуючи в цілому завдання Плану дій, в експертному висновку Комітету зазначено, що потрібне різке збільшення обсягів інвестицій у нанотехнологічні дослідження та інновації. Наголошено на необхідності подолання фрагментарності наукового ландшафту в ЄС та забезпечити концентрацію критичної маси ресурсів у напрямі створення інфраструктури та формування науковців світового класу для нанодосліджень [102].

У висновку зазначено, що ресурси, що витрачаються на дослідження у сфері нанонауки і нанотехнологій, є розпорошеними в ЄС, що потребує посилення координації дії для досягнення необхідної економії на масштабі без втрати необхідної гнучкості процесу. Пропонується приділити особливу увагу розвитку нанонаук і нанотехнологій в нових країнах-членах, надаючи їм кошти для визначення напрямів досліджень.

Інфраструктура досліджень світового класу та "полюси передового досвіду" мають важливе значення для ЄС, щоб залишатися конкурентоспроможними. Крім того, європейська промисловість, дослідницькі організації, університети та фінансові установи повинні працювати разом, щоб перетворити результати надсліджень на комерційно життєздатну і безпечну нанопродукцію.

Важливим для ЄС є також поліпшення ділового клімату для нанотехнологічних компаній шляхом зміцнення ринку для венчурного капіталу, запровадження чіткої нормативної бази із стандартів та регуляторного режиму, посилення захисту інтелектуальної власності.

В документі наголошено, що нанотехнології поступово долають технічні труднощі, але в кінцевому підсумку їхній успіх залежатиме від потреб споживачів. Здатність нанотехнологій тонко і точно змінювати властивості матеріалів ставить питання про наслідки надходження нових речовин у навколишнє середовище, в тому числі людське тіло. Невизначеність широкої громадськості щодо наслідків впливу нанотехнологій на людське здоров'я і довкілля можуть обмежити надходження вільного капіталу до наносфери і позбавити компанії можливості випуску нанопродуктів.

Таким чином, роль національної стратегії та стратегічного плану дій у сфері нанонаук і нанотехнологій полягає, у першу чергу, у фінансовій та організаційній підтримці державою тих напрямів, що пов'язані із забезпеченням безпеки життєдіяльності людей у поточному періоді та перспективі, з ефективною міжсекторальною та міжвідомчою координацією досліджень, формуванням їх матеріальної бази та передумов для тісної взаємодії науковців з освітою та бізнесом у межах "трикутника знань".

Другий імплементаційний звіт про виконання Плану дій для Європи у сфері нанонаук та нанотехнологій на 2007-2009 рр., наданий Єврокомісією до Ради Європейського Парламенту та Європейського економічного і соціального комітету у жовтні 2009 року, містить такі висновки щодо наслідків реалізації плану.

Наголошується на важливості об'єднання зусиль державних і приватних організацій Європи для впровадження міжсекторального підходу для співробітництва у сфері нанотехнологій. Обсяги фінансування таких досліджень у РП ЄС продовжують зростати – з 1,4 млрд. євро у 2003-2006 рр. до 1,1 млрд. євро у 2007-2008 рр. Ці інвестиції підкріплені більше ніж 2,5 млрд. євро державного фінансування у країнах-членах ЄС. Разом з тим приватне фінансування в Європі відстає від державного на відміну від інших країн світу. Участь промисловості у проектах 7-ї РП оцінюється в 40 % за підсумками 2007 - 2008 рр. [103].

Не заперечуючи внеску фундаментальних досліджень у розвиток наносфери, Єврокомісія робить особливий наголос на необхідності отримання реалістичних результатів у таких прикладних сферах, як охорона здоров'я, довкілля та енергетика, покращання конкурентоспроможності європейської промисловості.

Відносно джерел інвестицій у нанотехнологічні дослідження Єврокомісія відмічає, що державне фінансування країн-членів ЄС та асоційованих членів становить майже три чверті від загального обсягу державного фінансування у цій сфері, і наголошує на важливості доповнення державного фінансування зростаючими приватними інвестиціями.

У висновках Єврокомісії до другого звіту та рекомендаціях на наступні роки запропоновано консолідувати дії за напрямками:

- сконцентрувати зусилля на проведенні досліджень та розробці дорожніх карт для ключових нанотехнологічних напрямів, посилити зв'язок прикладних досліджень з промисловістю для виведення новітніх продуктів та чистих технологій на ринок та підняття конкурентоспроможності;
- не відокремлювати від проблематики фундаментальних досліджень питання взаємодії наноматеріалів з живими організмами для гарантування високого рівня безпеки та захисту людського здоров'я і довкілля;
- продовжувати розвиток інфраструктур та освітньої системи у відповідності з міждисциплінарним характером нанотехнологій;
- зміцнювати механізми сприяння індустріальним інноваціям з акцентом на відкритих інноваціях та прискоренні трансферу технологій;
- запровадити прямий соціальний діалог, моніторинг громадської думки з питань захисту споживачів, довкілля та праці;
- продовжувати огляди адекватності регулювання та інструментів впровадження нанотехнологій (за необхідності пропонувати зміни регуляторних режимів);
- здійснювати огляди наноринків, зосереджуючись на питаннях їх безпечності та перспективах розвитку.

Доцільно звернути увагу на звіт про результати виконання в рамках 6-ї РП найбільш масштабної програми досліджень з нанотехнологій під назвою "Нанотехнології і нанонауки, знаннєємні багатофункціональні матеріали і нові виробничі процеси та прилади". Звіт підготовлено для Єврокомісії Оксфордською дослідницькою групою (Oxford Research) та Австрійським інститутом з дослідження малих і середніх підприємств (Austrian Institute for SME Research) і опубліковано влітку 2010 року. Він містить аналогічні вищезгаданим висновки [104].

Відмічено, що в процесі виконання 389 проектів за програмою "Нанотехнології і нанонауки, знаннєємні багатофункціональні матеріали і нові виробничі процеси та прилади" в рамках сукупного бюджету 6-ї РП у сумі 17,5 млрд. євро використано 1,442 млрд. євро протягом 2002-2006 рр. та здійснено вагомий внесок у розвиток нанотехнологій. Водночас зазначено, що реалізація програми не привела до революційних змін: отримано нові важливі наукові результати (але не революційно нові), створено критичну масу матеріалів, проте відчутного прориву у впровадженні нанотехнологій в індустріальному масштабі за п'ять років не відбулося. Компанії країн ЄС намагаються використовувати нові матеріали на існуючих виробничих лініях, уникаючи створення принципово нових технологій. Промислові кола Європи повільніше реагують на нові досягнення у сфері нанотехнологій

порівняно з США, Китаєм та Сінгапуром. Такі тенденції свідчать про нові виклики для ЄС щодо розвитку наноіндустрії. Прогноз компанії RNCOS свідчить про можливе лідерство на ринку нанотехнологій у 2010-2013 рр. країн Азійсько-Тихоокеанського регіону, зокрема Південної Кореї та Китаю.

Європейський Союз, зокрема, Сполучене Королівство та Німеччина – лідери у нанотехнологічній індустрії, починаючи з 2005 року приділяють значну увагу проведенню досліджень щодо виявлення та оцінки ризиків для здоров'я людей та екології, асоційованих з наноматеріалами.

Німеччина, здійснюючи майже 40% від загальноєвропейського обсягу державних інвестицій у розвиток нанотехнологій, забезпечувала у 2008 р. майже 50 тис. робочих місць у близько 740 інноваційних компаніях, залучених у розвиток, використання та продаж нанотехнологічних продуктів. Природно, що Німеччина є й глобальним лідером у вивченні ризиків, пов'язаних з нановиробництвом. До 2008 р. обсяги коштів, вкладених у такі дослідження, складали у Німеччині, як і США, менш ніж 5% від загального обсягу інвестицій в нанотехнологічні дослідження, проте їх частка поступово росте.

Німецька стратегія дослідження ризиків, пов'язаних з нанотехнологіями, опублікована у грудні 2007 р. під назвою “Нанотехнології: ризики наноматеріалів для здоров'я та екології” (Nanotechnology: Health and Environmental Risks of Nanomaterials – Research Strategy)⁴². Відповідальними державними структурами за виконання стратегії є Федеральне Міністерство навколишнього середовища (та його Нанокомісія), Федеральний інститут безпеки праці, Федеральний інститут оцінки ризиків, а також Федеральне Міністерство освіти і досліджень, яке підтримує і фінансує низку проектів у сфері нанотехнологічних досліджень, зокрема у рамках Програми розвитку високих технологій.

Стратегією визначено 9 стратегічних цілей – аспектів досліджень:

- ризик-орієнтований підхід (типи ризиків, суворість, вірогідність будь-якого шкідливого впливу, його ступінь);
- комплексна характеристика та оцінка ризиків;
- інтеграція у законодавчі та підзаконні акти та регуляції;
- прикладні дослідження, що відповідають регуляторним рамкам;
- оцінка новизни наноматеріалів;
- міжнародна кооперація та координація;
- усталеність та принципи запобігання;
- більш ефективні структури для цільового сприяння дослідженням;
- прозорість та публічні обговорення.

Доцільно відмітити, що безпекові дослідження, як і технологічно-орієнтовані, необхідно орієнтувати на перехід від чисто фундаментальних

⁴² Nanotechnology: Health and Environmental Risks of Nanomaterials – Research Strategy. - Електронний ресурс: <http://www.nanowerk.com/spotlight/spotid=5865>.

досліджень до прикладних, які забезпечують трансляцію результатів у широкі оцінки і рекомендації. Стратегія є певною мірою рамковою: вона передбачає підтримку досліджень протягом 5-10 років в рамках гнучкого підходу із зміною процедур і методів тестування та оцінок ризиків мірою напрацювання досвіду та отримання нових результатів.

Залучення широких кіл учасників до процесів розроблення стратегій, оцінки їх виконання та впливу отриманих результатів на розвиток економіки та життєдіяльність окремих людей є невід'ємною складовою стратегічного планування розвитку технологій. Здійснення широких обговорень проектів стратегічних документів займає у розвинутих країнах до півроку і більше, громадськість залучається і до оцінок досягнутого прогресу та коригування стратегій у випадках зміни умов їх реалізації або отримання окремих незадовільних або непередбачених результатів.

Інша надзвичайно важлива риса стратегічного планування – це відкритість процесу оцінювання результатів та чітко визначена відповідальність. Особливо це стосується наноматеріалів та нанотехнологій, які, здійснюючи революцію в технологіях, можуть одночасно викликати непередбачувані ризики для здоров'я людей та довкілля. Підхід до таких процесів з позицій сталого розвитку – тобто забезпечення балансу економічних, екологічних і соціальних наслідків, не ставлячи під загрозу можливості розвитку майбутніх поколінь, - один з найважливіших принципів стратегічного планування технологічного розвитку.

7 Розвиток нанотехнологій в Україні

7.1 Фундаментальні і прикладні нанодослідження. Нормативно-правова база

В Україні фундаментальні та прикладні дослідження, які спрямовано на отримання, вивчення властивостей і застосування наноструктурних матеріалів і технологій, здійснюються протягом останніх 15 років [105].

Фундаментальні дослідження реалізуються провідними академічними науково-дослідними інститутами та вищими навчальними закладами України. Ця наукова діяльність підтримується державою і регламентується Законом України "Про наукову і науково-технічну діяльність" від 13.12.1993 р. № 1977, Законом України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" від 11.06.2001 р. № 2623-III, Законом України "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні" від 16.01.2003 р. № 433-IV та Законом України "Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій" від 09.04.2004 р. №1676-IV.

З 2001 р. діє Міжвідомча науково-технічна програма "Нанофізика та наноелектроніка", яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.04.2001 р. № 85-р, і відповідно до якої функції забезпечення фінансування програми покладено на Міністерство освіти і науки України, а функції органу управління – на ЗАТ "Науково-виробничий концерн "Наука".

Дослідження і розробки за цією програмою виконуються спільно фахівцями України і Росії. В ній бере участь ряд установ Національної академії наук, провідні університети України, науково-виробничі об'єднання Мінпромполітики України та інші організації. Деякі роботи в наносфері підтримуються також Державним фондом фундаментальних досліджень України [106].

Починаючи з 2004 р., дослідження у сфері нанотехнологій здійснюються також у межах тем відомчого замовлення НАН України, грантів Міністерства освіти і науки, а також грантів міжнародних наукових фондів, прямих контрактів з промисловими підприємствами.

З 2003 р. почала діяти *Комплексна програма фундаментальних досліджень Національної академії наук України "Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології"*.

Концепцією цієї програми передбачено:

- розроблення фізико-хімічних основ новітніх наукоємних технологій синтезу і консолідації нових класів неорганічних, органічних і гібридних наноструктурних матеріалів, моделювання та оптимізація процесів їх формування;

- розвиток фізичних уявлень про природу формування атомних кластерів, фулеренів, нанотрубок, наночасток, плівок, покриттів, фрактальних агрегатів, біонаносистем;

- визначення структурних параметрів та фізико-хімічних властивостей низькорозмірних нанооб'єктів, вивчення функціонального взаємозв'язку

"хімічний склад – будова – властивості – технологія" з метою отримання фундаментальних знань з наступним використанням їх для практичного застосування;

- розвиток фізико-технологічних основ формування напівпровідникових наносистем;

- вивчення впливу розмірних ефектів на властивості наноматеріалів, використання їх при розробці принципово нових і вдосконаленні існуючих високих технологій машинобудування;

- розроблення фізичних принципів дії приладів нового покоління з використанням наноматеріалів багатофункціонального призначення;

- одержання нових нанорозмірних колоїдних та біоколоїдних систем, вивчення їх структурних особливостей, властивостей та створення теорії міжчастинкових взаємодій, самоорганізації та структуроутворення;

- створення гелевих нанореакторних систем з вбудованими наночастками металів, нових малонаповнених матеріалів з високими електропровідними властивостями, рідких кристалів з пам'яттю, низки лікувальних систем з можливостями цільового транспортування ліків;

- розроблення технологій отримання нанобіосистем та нанобіоматеріалів, дослідження електроповерхневих властивостей клітинної мембрани, встановлення механізмів та процесів біотрансформації та біосумісності;

- розроблення методів діагностики структурно-морфологічних, фрактальних, динамічних та фізико-хімічних властивостей наносистем різного рівня топологічного упорядкування; створення технологічної та діагностичної бази, розвиток прецизійних фізичних, хімічних та біологічних методів дослідження з використанням центрів колективного користування аналітичним обладнанням;

- моніторинг світових досягнень, створення та розвиток бази даних публікацій з наносистем, наноструктурних матеріалів та нанотехнологій;

- публікацію результатів виконання програми у вигляді звітів, періодичних видань як друкованих, так і в мережі Інтернет;

- інформаційне супроводження симпозіумів, конференцій, семінарів тощо, які проходять за напрямками програми та за суміжними тематиками;

- інформування українського суспільства у сфері нанотехнологічних знань. Підтримка і збереження наявного науково-технічного потенціалу, залучення молодих спеціалістів, створення системи підготовки та перепідготовки кадрів.

У рамках виконання комплексної програми отримано вагомі результати, які сприяли реалізації таких пріоритетних напрямів, як "Фундаментальні дослідження з найважливіших проблем природничих, суспільних і гуманітарних наук", "Нові речовини і матеріали", "Новітні та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, в промисловому та аграрно-промисловому комплексі".

Протягом 2007-2009 рр. у виконанні 133 проектів програми на конкурсних засадах брали участь наукові співробітники 40 наукових установ

семи відділень НАН України: інформатики, фізики і астрономії, наук про Землю, фізико-технічних проблем матеріалознавства, ядерної фізики та енергетики, хімії, біохімії, фізіології і молекулярної біології, а також трьох установ при Президії НАН України.

У рамках реалізації Програми отримано важливі наукові та науково-технічні результати, зокрема:

- створено періодичні структури полімер-наночастинки з субмікронним періодом, які можуть використовуватись як високоефективні дифракційні ґратки, керовані світлом нелінійні дифракційні елементи та фотонні кристали, резонатори лазерів з розподіленим зворотним зв'язком у голографічних захисних технологіях з додатковим рівнем захисту;

- розроблено технологічні основи виготовлення детекторів терагерцового діапазону, теплових випромінювачів інфрачервоного діапазону на основі одношарових германій-кремнієвих наноструктур. Сформульовано фізичні принципи дії приладів нового покоління – пристроїв відображення інформації, високоефективних і відносно дешевих світловипромінювальних приладів, джерел 8НГ електричної енергії, швидкодіючих фотодіодів та приладів нелінійної фотоніки;

- вивчено фізико-механічні властивості та механізми формування матеріалів, що утворюються в поверхневих шарах металів при фрикційній взаємодії тіл в активних середовищах. Показано, що збільшення пластичної деформації металу при його нашаруванні на поверхні тертя сприяє формуванню наноструктурного стану матеріалу з великою твердістю та пружністю;

- створено новий напрям у кристалографії – дифузно-динамічна багатопараметрична дифрактометрія наносистем, що забезпечило можливість визначати характеристики структури не лише ідеальних ґраток кристалів, а й їх дефектів, а також параметри штучно створених нанорозмірних надструктур;

- на основі електропровідних спряжених полімерів, неорганічних напівпровідників та вуглецевих нанотрубок створені нові органічно-неорганічні гібридні нанокомпозити як ефективні функціональні компоненти різних перетворювачів енергії. Розроблено способи одержання термостабільних титанатних нанотрубок з розвиненою поверхнею і великим сорбційним об'ємом пор, які мають високу фотокаталітичну активність;

- запропоновано новий тип нелінійно-оптичних матеріалів – іонні нанокомпозитні мезоморфні скла, доповані наночастинками барвників або надпровідників, які дають можливість здійснювати голографічний запис тонких динамічних як фазових, так і амплітудних ґраток залежно від спектральних характеристик домішок та довжини хвилі збуджувального лазерного випромінювання;

- створено широкий клас нових магніточутливих адсорбентів на основі активованого вугілля, вискодисперсного кремнезему, оксиду алюмінію та змішаних оксидів. З'ясовано перспективність їх використання в медицині, техніці та екології;

- показано, що наночастинки золота і платини, нанокристали хлориду платини та створені на їх основі біокон'югати й наноккомпозити з полісахаридами мікрободоростей та/або з доксорубіцином інактивують онкоклітини та сприяють зменшенню і зникненню пухлин;

- створено наукові засади технологічного процесу електронно-променевого осадження твердих високодемпфівувальних покриттів на титанові лопатки, практична реалізація якого дозволить значно подовжувати термін і надійність роботи газотурбінних двигунів;

- створено наукові засади зварювання з використанням наночастинок присадок, на основі яких розроблено нові технології одержання зварних з'єднань з підвищеною тріщиностійкістю жароміцних сплавів та інтерметалідних матеріалів на нікелевій і титановій основах та різномірних матеріалів методами електронно-променевого, контактного, пресового, дифузійного та інших способів зварювання;

- розроблено технологію синтезу надтвердих наноструктурних покриттів методом плазмової іонної імплантації і осадження в умовах однонаправленого росту за механізмом "плазма – тверде тіло", що забезпечує ефективну суперадгезію між матеріалом підкладки та нанесеним покриттям;

- запропоновано концепцію програмування наноструктурних матеріалів на певні умови експлуатації шляхом створення спеціальних маршрутів деформації під тиском із застосуванням додаткових фізичних впливів, що забезпечує отримання кінцевого продукту з підвищеними механічними властивостями;

- створено технології синтезу наноструктурованих біоактивних керамічних матеріалів і композитів, які забезпечують відновлення кісткової тканини при їх застосуванні у хірургічному лікуванні травм і дефектів кісток;

- розроблено оригінальні нанорозмірні залізо-кисневі структури різних кристалічних модифікацій, які можуть використовуватись для розробки нових нанорозмірних носіїв ліків. Обґрунтовані наукові засади застосування цих наноматеріалів для терапії та діагностики онкозахворювань.

Найвагомішими результатами, що були впроваджені у виробництво, є:

– ультразвукова технологія виготовлення виробів із наномодифікованого вуглепластика (Інститут електрозварювання ім.Є.О. Патона НАН України), впроваджена на КБ "Південне" (м. Дніпропетровськ);

– технологія виготовлення магнітопроводів трансформаторів, телекомунікаційних систем, осердь вимірювальних приладів (Інститут металофізики ім.Г.В.Курдюмова НАН України), використовується ВАТ "ЕНЕРГОТЕРМ" (м.Вінниця), заводом "Електровозобудування" (м. Дніпропетровськ), ВАТ "Київський завод автоматики ім.Г.І.Петровського", ТОВ "ІМПУЛЬС" (м. Запоріжжя), ЗАТ "Тираспольський електроапаратний завод" (Молдова); – технологія дуплексної обробки порошкових покриттів на основі нікелю потоками плазми і електронним випромінюванням для захисту від корозії кранів у кислому середовищі за умов абразивного зносу (Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України), реалізована на Маріупольському коксохімзаводі;

– технологія синтезу кальцієвих гідроксоапатиту і фтороапатиту як біонаноматеріалів для медицини (Фізико-хімічний інститут ім.О.В.Богатського НАН України), застосовується на СНВП "Нові матеріали і технології" (м. Одеса);

– технологія виготовлення радіаційно-стійкого фотоперетворювача на основі структури In_2O_3 - Ga_2O_3 - GaSe для виробництва фотоприймачів і фотовипромінювачів (Чернівецьке відділення Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України), передана для впровадження до ЦКБ "Ритм" (м. Чернівці);

– стійкі нанорозмірні дисперсії каолініту як гетерокоагулянти, сорбенти (Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України), використовуються на підприємстві "Етекс";

– установки для очищення висококонцентрованих стічних вод з використанням ультрадисперсних фаз гідрооксидів заліза (Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України), виробляються підприємством "Геофізприлад";

– технологія отримання нанодисперсного діоксиду цирконію для зносостійких сопел гідрозбивачів окалини, плунжерів шахтних гідронасосів і маслостанцій (Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України), впроваджена на Маріупольському металургійному комбінаті ім. Ілліча, шахті ім. О.Ф. Засядька;

– технологія виготовлення біоактивних керамічних композитів "Синтекістка" для відновлення кісткової тканини після оперативного втручання в хірургії (Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України), отримала дозвіл Міністерства охорони здоров'я України на застосування матеріалів у клінічній практиці.

Суттєво активізувалась міжнародна співпраця у галузі нанодосліджень інститутів НАН України з провідними науковими зарубіжними центрами. Інститути, які брали участь у виконанні Програми, були організаторами та співорганізаторами 55 міжнародних та вітчизняних конференцій, симпозіумів, семінарів з нанотематики.

У 2009 р. підписано Угоду про створення "Міжнародного інноваційного центру нанотехнологій СНД", одним із засновників якого є НАН України. Опрацьовується питання про розвиток співробітництва у сфері нанотехнологій з Російським науковим центром "Курчатовський інститут".

За 2007-2009 рр. придбано близько 20 унікальних приладів провідних світових виробників, створено відповідні центри колективного користування.

За звітний період за тематикою Комплексної програми захищено 31 докторська та 114 кандидатських дисертацій, опубліковано 31 монографія, 1769 статей, 2170 тез, отримано 153 патенти, подано 16 заявок на винаходи.

Створено спеціалізовані кафедри та викладаються відповідні курси у вищих навчальних закладах Києва, Харкова, Львова, Донецька та Івано-Франківська.

Реалізація Комплексної програми у 2007-2009 рр. виявила масштаби та можливості вчених НАН України щодо розвитку науки про наносистеми та

технології їхнього створення. Розвиток науки про наносистеми і створення на цій основі прогресивних нанотехнологій потребували подальшого здійснення фундаментальних і прикладних робіт. З цією метою НАН України розробила *Концепцію цільової комплексної програми фундаментальних досліджень "Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій"* на 2010-2014 рр. [107], затверджену постановою Президії НАН України від 05.05.2010 р. № 129.

В концепції визначено, що метою програми є розвиток фундаментальних і найбільш пріоритетних прикладних досліджень щодо створення нових наноматеріалів, наносистем і нанотехнологій, формування сучасної академічної нанотехнологічної мережі, її інтегрування у світову науку, розв'язання за її допомогою важливих економічних, соціальних і екологічних проблем, що існують в Україні.

Концептуально програмою передбачено об'єднання наукових і виробничих академічних колективів з метою створення науково-технологічної бази для випуску конкурентоспроможної нанопродукції. Для здійснення вказаної мети потрібно виконати такі завдання:

- забезпечити спеціальним експериментальним, діагностичним, метрологічним, науково-технологічним і виробничим устаткуванням установи, які проводять роботи в галузі нанотехнологій, забезпечити їхню ефективну експлуатацію;
- розробити нові технології отримання наноматеріалів та створити на їх основі нові прилади та пристрої;
- створити на базі нових фізичних принципів академічну експериментально-технологічну базу для діагностики наносистем;
- створити і підтримувати функціонування системи обміну інформацією між організаціями, що входять до складу нанотехнологічної мережі, для підвищення ефективності їхньої діяльності, комерціалізації та популяризації знань у сфері нанотехнологій
- забезпечити підготовку фахівців, здатних ефективно виконувати наукові та виробничі завдання наносфері.

В концепції вказано, що впровадження програми сприятиме створенню основ сучасних нанотехнологій, формуванню нанотехнологічної мережі в Україні, а також вирішену питання підготовки наукових кадрів. Фундаментальні дослідження дозволять розширити фізико-хімічні уявлення про квантоворозмірні ефекти, особливості структури і властивості нанорозмірних систем, завдяки чому будуть створені основи сучасних нанотехнологій в Україні.

За результатами реалізації завдань програми буде:

- встановлено механізми утворення наносистем і наноматеріалів різного рівня складності – атомних кластерів і фрактальних агрегатів, фулеренів і нанотрубок, гетероструктур і плівок, покриттів і об'ємних наноматеріалів, біонаноматеріалів і наноматеріалів медичного призначення;
- досліджено електричні, оптичні, магнітні властивості матеріалів наноелектроніки, фотоніки, спінтроніки, засобів відображення інформації;

розроблено фізичні принципи дії приладів нового покоління з використанням наноматеріалів багатфункціонального призначення;

- розроблено методи діагностики структурно-морфологічних, фрактальних, динамічних та фізико-хімічних властивостей наносистем різного рівня топологічного упорядкування; створено технологічні та діагностичні бази даних, розвинуто прецизійні фізичні, хімічні та біологічні методи дослідження наносистем і наноматеріалів з використанням центрів колективного користування;

- визначено структурні параметри та фізико-хімічні властивості нанооб'єктів, вивчено функціональні взаємозв'язки "хімічний склад – будова – властивості – технологія" з метою отримання фундаментальних знань з наступним практичним їхнім використанням;

- розроблено фізико-хімічні основи новітніх наукоємних технологій синтезу і консолідації нових класів неорганічних, органічних і гібридних наноструктурних матеріалів, моделювання та оптимізація процесів їх формування;

- створено наукові засади зварювання різнорідних матеріалів з використанням наноприсадок, технологічних процесів електронно-променевого осадження твердих високодемпфівувальних покриттів на конструкційні матеріали;

- розроблено фізичні основи створення нового покоління деформованих матеріалів, що мають підвищені експлуатаційні характеристики, шляхом формування в них наноструктурного стану;

- створено технологію синтезу надтвердих наноструктурних покриттів методом плазмової іонної імплантації і осадження в умовах однонаправленого росту за механізмом "плазма – тверде тіло";

- розроблено основи технологій синтезу наноструктурованих біоактивних керамічних матеріалів і композитів, які забезпечуватимуть відновлення кісткової тканини; створено нові методики одержання нанокомпозитів комбінованої дії для цільової терапії онкозахворювань;

- встановлено постійний моніторинг світових досягнень, створено базу даних публікацій з питань розвитку наносистем, наноструктурних матеріалів та нанотехнологій; опубліковано результати виконання програми у вигляді звітів, періодичних видань як друкованих, так і в мережі Інтернет;- стимульовано процеси залучення студентів вищих навчальних закладів, аспірантів і молодих учених України до участі у виконанні завдань програми.

Одним із головних завдань учених НАН України на сьогодні є також забезпечення ефективної реалізації *Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 рр.*, яку затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 28.10.2009 р. № 1231.

Метою Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки визначено створення наноіндустрії шляхом забезпечення розвитку її промислово-технологічної інфраструктури, використання результатів фундаментальних та прикладних

досліджень, а також підготовки висококваліфікованих наукових та інженерних кадрів.

Для розв'язання проблеми необхідно:

- провести фундаментальні та прикладні дослідження з *пріоритетних напрямів, зокрема нанoeлектроніки, наноінженерії, функціональних і конструкційних наноматеріалів, колоїдних нанотехнологій, нанотехнологій для каталізу та хімічної промисловості, наноматеріалів та нанотехнологій для захисту навколишнього природного середовища, нанотехнологій для енергетики, нанотехнологій спеціального призначення, отримати нові знання щодо особливостей фізичних, хімічних, біологічних і більш складних процесів синтезу та атомного складення наносистем;*

- розробити нанобіотехнології виготовлення наноматеріалів, пристроїв та приладів медичного призначення, а також для наномедицини, нанофізики, нанохімії, наноматеріалознавства;

- забезпечити дослідників сучасним обладнанням, необхідним для виготовлення наноматеріалів і дослідження їхніх властивостей;

- створити цілісну систему підготовки дослідників, матеріалознавців і технологів, які володіють міждисциплінарними фундаментальними знаннями та вміють працювати на сучасному спеціальному обладнанні;

- забезпечити проведення стандартизації та сертифікації наноматеріалів, оскільки на даний час в Україні відсутня система метрологічних вимірювань у діапазоні менш як 1 мікрон, що унеможливорює проведення вимірювань геометричних параметрів нанооб'єктів та перевірку вимірювального обладнання;

- вивчити питання щодо потенційних ризиків шкідливого впливу нанотехнологій та наноматеріалів на людину і навколишнє природне середовище;

- розробити план заходів щодо залучення інвестицій для створення наноіндустрії, в якому передбачити можливість звільнення від сплати податків, зборів та інших обов'язкових платежів під час ввезення на митну територію України обладнання, необхідного для виготовлення наноматеріалів і дослідження їхніх властивостей, а також утворення підприємств, установ та організацій, діяльність яких пов'язана з впровадженням нанотехнологій.

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 терагерцевого діапазону, обладнання шляхом впровадження наноструктур на основі традиційних напівпровідників;

розроблення:

- нанотехнологій для каталізу;

- дослідно-промислових технологій виготовлення нанопорошків, наноматеріалів, зокрема наночасток, нанотрубок, нанострижнів, нановолокон, нанодротів, 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 сцинтиляційних матеріалів;

- нанотехнологій виготовлення легких, міцних і корозійностійких конструкційних матеріалів для машинобудування та аерокосмічної техніки, захисних покриттів різноманітних конструкцій, нанофотокаталізаторів і вивчення фізичних та хімічних процесів з їхнім використанням, наносорбентів і нанопористих матеріалів, енергозберігаючих пристроїв з урахуванням досягнень оптоелектроніки та фотовольтаїки;

- 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.

Виконання програми дозволить:

- розробити нанотехнології для хімічної промисловості, енергетики, лікування найпоширеніших і найнебезпечніших хвороб, а також виготовлення біологічно активних речовин та багатофункціональних пристроїв наноелектроніки;

підготувати:

- нормативно-правові акти, стандарти та сертифікати, що регламентують розроблення і впровадження нанотехнологій та виготовлення наноматеріалів;

- підручники та навчальні посібники для вищих навчальних закладів з питань щодо розроблення нанотехнологій та виготовлення наноматеріалів; утворити у вищих навчальних закладах науково-навчальні центри.

Обсяг коштів для виконання Державної цільової програми становить 1847,1 млн. грн. (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Прогнозні обсяги та джерела фінансування програми, млн. грн.

Джерела фінансування	Обсяг фінансування	2010	2011	2012	2013	2014
Державний бюджет	1682,3	336,35	356,25	368,15	325,7	295,85
Інші джерела	164,8	24,85	35,75	41,6	32,8	29,8
Усього	1847,1	361,2	392	409,75	358,5	325,65

Координатором Державної цільової науково-технічної програми визначено МОН України, а державними замовниками – МОН України та НАН України.

Головним економічним результатом виконання програми стане кардинальне збільшення виробництва нанопродукції світового рівня та посилення вітчизняного експортного потенціалу. В Україні будуть створені умови для того, щоб стати активним учасником світового процесу розвитку нааноіндустрії. Реалізація програми матиме вплив на розвиток усіх регіонів України. Буде створено 300 тис. робочих місць, насамперед для молодих кадрів, що сприятиме збереженню й збільшенню інтелектуального потенціалу нації [108].

Перелік наукових проектів Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010 рік, затверджених розпорядженням Президії НАН України від 20.08.2010 р. № 524, наведено у додатку 3.

7.2 Актуальні напрями розвитку нанотехнологій

7.2.1 Форсайт-дослідження пріоритетних для України нанотехнологій

Протягом останніх двох десятиліть широкомасштабні соціально-економічні і технологічні зміни змусили уряди багатьох країн змінити свою політику щодо розвитку науки, у тому числі щодо визначення пріоритетів наукових досліджень і механізмів розподілу ресурсів.

Основним інструментом виявлення пріоритетних напрямів і переліку критичних технологій у багатьох країнах є Форсайт – процес побудови бачення майбутнього науки, технологій, економіки та суспільства з метою ідентифікації зон стратегічних досліджень і нових технологій, які можуть принести найбільші економічні та соціальні вигоди країні [109]. Поступово формується спектр критичних технологій світового рівня, до яких у першу чергу відносяться

інформаційно-комунікаційні технології, одержання нових матеріалів із заздалегідь заданими властивостями, біотехнології, енергозбереження, створення альтернативних джерел енергії.

В Україні на базі Українського інституту науково-технічної і економічної інформації (УкрІНТЕІ) проводяться Форсайт-дослідження, основою яких є метод цільових груп експертів [109-112]. На виконання Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку в Україні на 2008-2012 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 11.09.2007 р. №1118, розроблено методологію прогнозування науково-технологічного розвитку та відпрацьовано технологію виявлення та уточнення критичних технологій за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки. Такі пріоритетні напрями (вищого рівня деталізації) в Україні визначено в рамках Державної програми прогнозування науково-технічного розвитку на 2004-2006 рр. Це – енергоефективність і енергозбереження, нові речовини та матеріали, біотехнології, інформаційно-комунікаційні технології, раціональне природо-користування, профілактика та лікування найпоширеніших захворювань.

Головною метою Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку в Україні на 2008-2012 роки є створення правових, економічних і організаційних умов для прогнозування науково-технологічного розвитку у єдиній системі стратегічних документів розвитку економіки держави та відпрацювання технології проведення стратегічних маркетингових досліджень з метою систематичного уточнення пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки в Україні.

Проведення стратегічних маркетингових досліджень на основі опитувань експертів є оптимальним підходом до вибору найбільш перспективних напрямів державного фінансування наукових досліджень і розробок за зазначеними сферами з метою відбору критичних для економіки країни технологій.

На виконання завдань вищезазначеної програми УкрІНТЕІ у 2008 р. проведено маркетингові дослідження щодо виявлення вітчизняних новітніх технологій за напрямом “Енергетика та енергоефективність”, у 2009 році – за напрямками “Біотехнології” та “Нові речовини та матеріали”, у тому числі “Наноматеріали та нанотехнології для їх отримання”.

У ході опитування за напрямом “Нові речовини та матеріали” експертами визначено 81 новітню технологію, 55 з яких відібрано для подальшого аналізу. З метою залучення коштів (у тому числі бюджетних) для впровадження новітніх технологій у виробництво експертами обиралися ті науково-технологічні дослідження і розробки, які в першу чергу викликають інтерес у підприємців і промисловців. При цьому визначено 15 нанотехнологій, що становить 27 % всіх відібраних (табл. 7.2).

**Перелік технологій за напрямом
“Нанотехнології та нові матеріали”**

№ з/п	Назва технології
1	Використання потужного лазерного випромінювання для цілеспрямованої модифікації нанопористих матеріалів (TiO ₂ , SiO ₂)
2	Застосування гідротермального способу отримання нанопористого вуглецю при високому тиску
3	Нанокompозиційні градієнтні композиційні покриття (гальванопорошкова металургія)
4	Порошкова металургія з використанням нанотехнології
5	Дослідно-виробнича технологія виготовлення нових композиційних наноматеріалів на базі вуглепластиків, вуглець-вуглецевих і полімерних композитів з істотно підвищеними механічними, тріботехнічними, теплофізичними, радіаційними характеристиками
6	Технологія отримання плівкових наноструктурних 0D, 1D та 2D напівпровідникових матеріалів
7	Хімічні методи отримання наночасток із функціональною поверхнею, придатною для приєднання антитіл
8	Відновлення металевих оксидів нанорозмірним порошком карбіду кремнію
9	Низькотемпературні хімічні золь-гельні та міцелярні методи отримання люмінесцентних наночасток
10	Отримання оптичної кераміки, нанокompозитів із люмінесцентних наночасток методами пресування та синтезу наночасток в кристалічних, скляних та полімерних матрицях
11	Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів
12	Оптимізована технологія отримання наноструктур на основі сполук Al _{IV} B _{VI} для пристроїв нового покоління
13	Технологія виробництва оксидних нанопорошків та керамічних виробів для роботи в агресивних середовищах
14	Нанотехнології в порошковій металургії
15	Одержання і застосування наноматеріалів на основі діоксиду титану

Отриману в ході попередніх опитувань експертів інформацію про перспективні технології було систематизовано і представлено для обговорення членам Експертної ради за визначеним пріоритетним напрямом “Нанотехнології та нові матеріали”, якими із зазначеного переліку відібрано 6 технологій, які у подальшому схвалено Науково-технічною радою Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008-2012 роки (табл. 7.3).

**Перелік критичних технологій за напрямом
“Наноматеріали і способи їхнього отримання”**

№ з/п	Назва технології
1	Застосування гідротермального способу отримання нанопористого вуглецю при високому тиску
2	Використання потужного лазерного випромінювання для цілеспрямованої модифікації нанопористих матеріалів (TiO ₂ , SiO ₂)
3	Хімічні методи отримання наночасток із функціональною поверхнею, придатною для приєднання антитіл
4	Технологія створення флуоресцентних нанозондів для моніторингу фізіологічного стану біологічних об'єктів
5	Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів
6	Оптимізована технологія отримання наноструктур на основі сполук AIVBVI для пристроїв нового покоління

Слід зазначити, що критеріями відбору технологій для економічної сфери, в першу чергу, є можливість комерціалізації продуктів, отриманих на основі технологій, і термін окупності проектів їхнього впровадження у виробництво. При цьому бажано враховувати конкурентні переваги держави в економічній сфері, що склалися, і можливий вплив впровадження нових технологій на ключові сфери національної економіки. Принципове значення має також початкова орієнтація на попит з боку економіки і суспільства.

7.2.2 Вітчизняні та зарубіжні пріоритетні напрями розвитку нанотехнологій

Комплексна програма фундаментальних досліджень "Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології" передбачає розвиток наносфери за 14 основними напрямками, які сформовані відповідно до чинної структури НАН України (з урахуванням попередніх результатів і досвіду ключових виконавців).

Водночас, відповідно до Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 роки визначено 9 пріоритетних напрямів розроблення нанотехнологій в Україні з урахуванням перспектив їхньої подальшої комерціалізації, конкурентоспроможності та попиту, в першу чергу, на внутрішньому ринку, у тому числі:

- 1) *наноелектроніка;*
- 2) *наноінженерія;*
- 3) *функціональні і конструкційні наноматеріали;*
- 4) *колоїдні нанотехнології;*
- 5) *нанотехнології для каталізу та хімічної промисловості;*

6) наноматеріали та нанотехнології для захисту навколишнього природного середовища;

7) нанотехнології для енергетики;

8) нанотехнології спеціального призначення;

9) отримання нових знань щодо особливостей фізичних, хімічних, біологічних і більш складних процесів синтезу та атомного складення наносистем.

Для порівняння, нанотехнологічні дослідження в Японії проводяться за 10 напрямками [105]:

1. Моделювання наноматеріалів.
2. Технології вимірів у нанорозмірному діапазоні й нанорозмірному аналізі.
3. Нанообробка, формування і технології виготовлення.
4. Технології синтезу речовин і матеріалів.
5. Нові матеріали з контрольованою наноструктурою.
6. Нанопристрої й нанодатчики.
7. Наноелектромеханічні системи (NEMS) та їхні технології.
8. Наноматеріали для енергетики й захисту навколишнього середовища.
9. Нанобіологія.
10. Нанонауки для безпечного й стабільного суспільства.

У Європейському Союзі спільні зусилля країн-членів сконцентровано на виконанні 3 напрямів 6-ї Рамкової програми:

1. Нанонауки і нанотехнології — міждисциплінарні фундаментальні дослідження нових явищ, що обумовлені розміром наноструктур.
2. Багатофункціональні матеріали, засновані на знаннях, - фундаментальні й прикладні дослідження багатофункціональних матеріалів, дизайн і технології їхнього виготовлення.
3. Нові технологічні процеси і пристрої - створення інтелектуальних систем виробництва матеріалів і пристроїв, гібридних матеріалів, систем контролю за небезпекою і відходами виробництва, оптимізація життєвих циклів промислових систем, інтегрування нанотехнологій для підвищення якості й безпеки життя.

Наведені дані свідчать про те, що напрями досліджень у різних країнах подекуди збігаються або близькі за змістом. Це відкриває перспективи для міжнародного співробітництва й інтеграції у наносфері. **Фактор відповідності напрямів нанодосліджень і нанорозробок в Україні та інших країнах, глобальна інтернаціоналізація, характерна для провідних країн світу, - все це створює необхідні передумови для енергійного розвитку Україною міжнародного вектору кооперації з такими країнами, як США, країни Європейського Союзу (переважно Німеччина і Великобританія), Японія і Корея, а також Китай і Росія.**

Із зарубіжних країн у ролі інвесторів і спонсорів проектів можуть виступати США, Німеччина і Японія. Співробітництво може виявитися досить вигідним, за умови, що українська держава буде фінансувати взятую на себе частину зобов'язань і здійснювати відповідний менеджмент.

Прогноз найбільш важливих перспективних нанорозробок в Японії й США, які добре кореспондуються з вітчизняними досягненнями у наносфері, сформовано за результатами опитувань, проведених у 2006 р. експертами в Україні [105], і наведено у табл. 7.4.

До переліку актуальних напрямів інноваційної діяльності, найбільш результативних у середньостроковій перспективі (до 5 років), експертами включені дві теми: "Створення наноструктурних композитів альтернативної енергетики, наприклад, сонячні батареї - суперконденсатори, оксидні паливні осередки" (4,34 бали за 5-бальною системою) і "Освоєння нанотехнології в оптоелектроніці, медичній діагностиці, у тому числі для рентгенівських томографів" (4,32 бали) [105].

При оцінці найбільш важливих досліджень, що можуть серйозно вплинути на економічний і соціальний розвиток України у довгостроковій перспективі (15-20 років), експерти перше місце відвели напрямку "Розробка нанобіотехнологій і розвиток матеріалознавства для медицини (біоматеріали, сумісні з людським організмом), створення комплексу інструментів і елементів пристроїв і приладів медичного призначення. Розробка нових медичних діагностичних систем" (4,64 бали). Друге місце (4,42 бали) відведено напрямку "Розробка нанопристроїв, нанороботів (наноботів), у тому числі для хірургічних операцій у судинах і окремих клітках організму".

Таблиця 7.4

Прогноз реалізації критичних нанотехнологій у США та Японії на 20 років

Термін масової реалізації	Термін реалізації	Напрямок	Сфера застосування	Рейтинг
2018	2012	Надпрецизійні технології (одержання, обробки, аналізу, тестування, моніторингу на місці) з погрішністю в ангстрем, що досягається з використанням нових променевих технологій (іонна, електронна, лазерна)	Виробництво, нанообробка, мікрообробка матеріалів	34
2019	2013	Технології формування й обробки з нанометровою точністю	Нанотехнологія матеріалів, нанообробка, формування й інші технології	41
2020	2012	Великогабаритні сонячні батареї на основі аморфного кремнію з ефективністю більше 20 %	Нанотехнологія матеріалів, нові матеріали з контролем на нанорівні	56

2020	2012	Діагностичні системи на основі біочипів, які можуть із високою точністю діагностувати схильність до захворювання раком й іншими серйозними захворюваннями й забезпечувати інформацією про необхідну обробку протягом дуже	Нанотехнологія матеріалів, нанобіологія	66
2020	2013	Технології тривимірної атомно-молекулярного збирання	Нанотехнологія матеріалів	91
2021	2013	Технології збирання і створення устаткування із надмалим зношуванням для найширшого застосування	Нанотехнологія, нанообробка, нанозбирання	50
2022	2013	Виробництво водню за допомогою фотокаталітичного розкладання води під дією сонячного світла	Нанотехнологія матеріалів, матеріали енергетики, екологічно безпечні	63
2022	2013	Створення систем наноносіїв, керованих ззовні й здатних доставляти ліки й гени в задані клітки в тілі людини	Нанотехнологія матеріалів, нанобіологія	100
2028	2018	Технології виготовлення матеріалів з інноваційними функціями й властивостями із застосуванням керованих маніпуляцій на нанорівні атомно-молекулярного збирання або структури матеріалу	Нанотехнологія, нанообробка, нанозбирання	70
2020	2013	Розробка нових систем озброєння і безпеки на основі нанотехнологій		100

Згадані актуальні для України напрями становлять значний потенціал для її співробітництва з розвиненими країнами світу щодо розвитку наносфери. Важливим є прийняття українською стороною рішення про співфінансування відповідних проектів (хоча б на середньоєвропейському рівні) [105].

7.3 Проблеми, що заважають розвитку вітчизняних нанотехнологій

Перший віце-президент НАН України А. Шпак вважає, що нанотехнології в Україні - це не окремий напрям, не данина моді, а система підходів до науки, яка вже багаторазово й на різних прикладах довела свою продуктивність. Все, що реалізується в академічній програмі, народилося в традиційних, добре розвинених українських наукових школах фізики твердого тіла, хімії поверхонь, надтонких плівок, колоїдної хімії й кластерних матеріалів, порошкової металургії, ультрадисперсних технологій.

Так, нанотехнологічні дослідження протягом тривалого часу здійснюються в Інституті електрозварювання ім. Є. Патона. У відділі електронно-променевого зварювання, який очолює академік Б. Мовчан, створено унікальні рідини із частками нанометрового діапазону, за допомогою яких медики можуть лікувати рак за новою методикою.

Об'єднання різних наукових підходів загальною ідеологією сприятиме більш швидкому їхньому розвитку. Важливим є те, що багато теоретичних нанорозробок на цей час знайшло своє застосування у промисловості: починаючи із напилювання лопаток турбін, що дозволяє їм працювати при більш високих температурах і більш низьких механічних навантаженнях, і закінчуючи різноманітними медичними розробками (наприклад, створення покриття для штучних суглобів, яке забезпечує біосумісність матеріалу і необхідні коефіцієнти його тертя; нові засоби доставки ліків до хворого органу в онкології тощо). Ці нанорозробки викликають активний інтерес не лише у промислових підприємств України, але й зарубіжних компаній, наприклад "Боїнг".

Цікавою є вітчизняна розробка фільтрів для станцій мобільного зв'язку із застосуванням тонких плівок, що дозволяє обмежити шкідливий вплив електромагнітного поля на здоров'я людини. Для впровадження цієї розробки у виробництво і отримання конкурентоспроможної нанопродукції необхідно вкласти десятки мільйонів гривень. На жаль, на сьогодні такі кошти є відсутніми, а продаж нанорозробки зарубіжним фірмам вважається нерентабельним.

У цілому експорт науково-технічної продукції НАНУ обмежується окремими високотехнологічними компонентами, оскільки в Україні важко довести нанорозробки до завершальної стадії – створення кінцевого продукту.

Так, академіку М. Новікову, директору Інституту надтвердих матеріалів, вдається продавати готові елементи для бурильного інструменту - вихідний порошок, матеріали. Інститут термоелектрики продає розроблені його науковцями інтелектуально насичені елементи, а в Китаї ці елементи оснащують і виводять у якості готових виробів на ринок. Водночас Міжнародний центр електронно-променевих технологій Інституту електрозварювання ім. Є. Патона виготовляє цілісні комплекси дуже високого рівня і успішно продає їх в Голландію, США, навіть у Францію, де випускаються аналогічні комплекси.

На жаль, в Україні не урегульовано ряд питань, що стосуються інтелектуальної власності, що послаблює позиції наших розробників і надає переваги їх зарубіжним партнерам. На порядку денному стоїть завдання підготовки експертів, які б вільно орієнтувалися на міжнародному ринку інтелектуальної продукції.

Що стосується виробництва нанопродуктів масового споживання, то на сьогодні в Україні немає державних підприємств, які б займалися розвитком цього напрямку, а приватні підприємства через високу вартість розробок і тривалий період виведення нанопродукції на ринок не зацікавлені нести значні ризики при неочевидній вигоді. Їм легше купити зарубіжну ліцензію,

чим вкласти кошти у вітчизняні нанорозробки. Хоча, довівши розробку до стадії виробу, приватні підприємства мали б незрівнянно більший прибуток і цікаві бізнес-перспективи.

До позитивних зрушень в Україні можна віднести закупівлю унікального устаткування для проведення спільних наукових нанодосліджень, а також організацію центрів колективного користування на базі Національної академії наук.

Так, із використанням єдиного в Україні зондового мікроскопу з атомним розрізненням вивчено нанодисперсні апатитоподібні системи, на основі яких створено медичні препарати, що забезпечують швидке зрощення кісток. Ці дослідження у сфері матеріалознавства дозволяють розв'язати важливу медичну проблему, причому на такому рівні, на якому медики її ніколи навіть не поставили.

В останні роки Верховна Рада і Кабінет Міністрів України сприяли проведенню модернізації експериментальної бази НАНУ. Допомога почалася з 30 млн. грн. на рік, а в 2008 р. у Державному бюджеті з'явився окремий рядок "кошти на устаткування" із сумою у 80 млн. грн. На жаль, чверть цієї суми фактично витрачено на проведення тендерів, виплату податків, митні збори [113].

1 Недостатнє фінансування розвитку наносфери. Загальне державне фінансування наносфери в Україні у 2005 р. досягло 8,5 млн. грн., тобто менш 1 % бюджету НАН України. Майже рівноцінна частка фінансування припадала на міжнародні гранти у сфері нанотехнологій (1,5 млн. євро на рік). Цих коштів не недостатньо для проведення наукових досліджень, не кажучи вже про створення будь-якого конкурентоспроможного нанопродукту. Експерти наголошують, що серед найбільш проблемних питань, окрім недостатнього фінансування наносфери, залишається **розпорошування бюджетних і грантових ресурсів на багато дрібних нанопроєктів** замість концентрації їх на найбільш перспективних розробках і проєктах [114].

Так, у *докризовому* Державному бюджеті України на 2008 р. у рамках Міжвідомчої науково-технічної програми "Нанофізика і наноелектроніка" (функції забезпечення фінансування якої покладено на Міністерство освіти і науки України, а органу управління – на ЗАТ "Науково-виробничий концерн "Наука") було передбачено 45 млн. грн. (для порівняння 15 млн. грн. – на 2007 р.) для реалізації проєктів за напрямками: фізика наноструктур, технологія наноструктур, діагностика наноструктур, наноелектроніка та нанофотоніка [115]. Значний обсяг цих асигнувань витрачено на проведення фундаментальних і прикладних досліджень 30 інститутами Національної академії наук України.

Першим віце-прем'єр-міністром України М. Азаровим 27 вересня 2007 р. названо загальну суму бюджетних витрат, передбачених у 2008 р. на розвиток нанотехнологій, - 500 млн. грн., а також відзначено, що в Росії на розвиток нового стратегічного напрямку – **наноіндустрія** - в рамках спеціальної національної програми виділено 8 млрд. дол. США (на 2008-2012

рр.) [116]. (Для порівняння - обсяг коштів, призначених для виконання Україною Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки, становить 1847,1 млн. грн.).

Кардинальні зміни державної політики РФ на користь розвитку нового стратегічного напрямку – наноіндустрії - дозволили залучити значні бюджетні й приватні кошти (див. розділ 5). Цей шлях, обраний РФ з метою комерціалізації нанорозробок, виходу Росії на світові наноринки, є показовим для України.

Реалізація аналогічних масштабних завдань в Україні можлива лише за умов різкого, *не менше ніж десятикратного у порівнянні з сучасним, збільшення фінансування нанодосліджень і нанорозробок*. Значні фінансові ресурси необхідно передбачити для закупівлі відповідного сучасного технологічного обладнання, яке в Україні не виробляється, промислового впровадження нанорозробок, підготовки кваліфікованих кадрів.

2 Потреба у реформуванні дослідно-виробничої бази НАН України з метою комерціалізації нанорозробок. За останні 20 років в Україні занепали галузеві науково-промислові центри, які могли б використовувати результати академічної, вузівської та прикладної науки з виробничою метою. Відсутні спеціалізовані технологічні лінії та сучасні інструментальні прилади, які б дозволяли принаймні на лабораторному рівні у повному обсязі маніпулювати в межах нанометра.

У більшості випадків лабораторні випробування і виготовлення нанопродуктів здійснюються не на великих промислових підприємствах, а в цехах науково-виробничих підприємств, підпорядкованих Національній академії наук. Ці підприємства знаходяться у державній власності, і при сучасному фінансуванні науки їх утримання є досить обтяжливим для державного бюджету.

За цих умов українські вчені й висококваліфіковані спеціалісти не мають можливості повноцінно і у повному обсязі реалізовувати свої наукові і творчі надбання, впроваджувати наукові розробки у промислове виробництво. У результаті, - тисячі найцінніших розробок і патентів "законсервовані", Україна фактично ходить по золоту науково-технічних розробок, не звертаючи на нього уваги [117]!

Таким чином, на думку українських фахівців [117], *дослідно-виробнича база НАНУ на сучасному етапі потребує ринкового реформування*. При цьому можуть бути обрані різноманітні механізми перетворень, серед яких, наприклад, проведення приватизації та акціонування науково-дослідних виробництв прикладних установ НАНУ. *З метою наближення науки до виробництва і заохочення провідних учених* (особливо тих, які мають патенти і впроваджені винаходи) доцільно *надати їм можливості отримати свою частку акцій у структурах, що мають реальні прибутки від упровадження у виробництво їх авторських розробок*.

3 Відсутність державної підтримки виробників нанопродуктів. Розгортання процесу комерціалізації нанорозробок є неможливим без

залучення значних фінансових ресурсів з боку промислових компаній, зокрема венчурних. На цей час на відміну від своїх зарубіжних колег українські компанії-виробники нанопродуктів існують переважно поза рамками будь-яких програм розвитку нанотехнологій і не отримують ні державного фінансування, ні кредитів під державні гарантії, ні податкових пільг або державних компенсацій (дотацій, субсидій), ні митних пільг (при закупівлі спеціалізованого і унікального наноустаткування).

Лише за умови **запровадження державної системи заохочення і стимулювання нановиробників, удосконалення інвестиційного, податкового, митного законодавства Україна зможе забезпечити притік як вітчизняних, так й іноземних інвестицій, і вийти на шлях індустріалізації нанотехнологій.**

4 Недостатньо розвинута технологічна база. У сучасних умовах сотні нанокмпаній за кордоном розробляють нову експериментальну і технологічну апаратуру, здійснюють проектування чистих лабораторій і цехів з високим рівнем автоматизації й роботизації. В Україні лише окремі лабораторії працюють у стандарті high tech. Спостерігається відносна дорожнеча нових технологічних рішень: дорога сировина, технологічне устаткування, системи тестування і сертифікації продуктів.

Слабкість матеріальної та технологічної баз перешкоджає розвитку нанотехнологій в Україні. Вирішення цього питання потребує значних капіталовкладень з боку держави. З метою ефективного використання коштів на першому етапі **доцільною є організація потужного центру колективного користування** з дорогим унікальним аналітичним, діагностичним і технологічним устаткуванням. У подальшому може бути створено мережу регіональних центрів колективного користування з оснащенням, яке б відповідало профілю роботи кожного центру.

З метою розвитку інфраструктури наноіндустрії на першому етапі **доцільним є створення спеціалізованих технопарків.** Як показує світова практика, вони відіграють роль інструменту досягнення прогресу у сфері високих технологій. Саме у складі технопарків може бути надано **суттєву державну підтримку малим і середнім підприємствам-нановиробникам** [105]. '

5. Потреба у спеціально підготовлених висококваліфікованих кадрах. Завдяки високому інтелектуальному потенціалу наукових і освітніх установ України рівень науково-технологічних розробок у наносфері у цілому відповідає світовому рівню, а іноді й перевищує світовий рівень робіт.

Для досягнення прогресу у розвитку нанотехнологій першочерговим завданням має стати підготовка і перепідготовка молодих наукових та висококваліфікованих інженерних і технологічних кадрів для участі у дослідженнях і розробках. **Вирішення цього системного завдання вимагає міждисциплінарного підходу до формування навчальних програм, розрахованих на підготовку фахівців-універсалів,** які володітимуть знаннями з фізики, хімії, біології, медицини, прикладної і обчислювальної математики, електротехніки, матеріалознавства тощо. В Україні цей процес

перебуває у стані зародження, тоді як у багатьох російських вищих навчальних закладах з 2004 р. здійснюється підготовка бакалаврів і магістрів за напрямом "Нанотехнологія" (із введенням двох спеціальностей "Наноелектроніка" і "Наноматеріали"), а з 2008 р. запроваджено багаторівневу систему підготовки "бакалавр - магістр - аспірант" (див. розділ 3 [28]).

У цьому контексті перед *Україною стоять два завдання: по-перше, забезпечити розвиток освіти у наносфері, по-друге, провести технологічне переобладнання лабораторій, учбових центрів тощо.*

У провідних вищих навчальних закладах України необхідно організувати підготовку й перепідготовку бакалаврів і магістрів за напрямками "Наноматеріали" і "Нанотехнології", а також створити за участю організацій і установ Міністерства освіти і науки та Національної академії наук 3-4 спільних першокласно оснащених учбових центри (наприклад у Києві, Харкові, Донецьку і Львові). Бюджет кожного такого центру повинен становити не менше 40 млн. грн. на рік, з яких не менше 80 % має бути витрачено на закупівлю устаткування, організацію навчального процесу і проведення НДДКР. При цьому доцільно розвивати міжнародне співробітництво з університетами, установами й організаціями, що працюють у наносфері, проводити підготовку і стажування молодих фахівців за кордоном [105].

Підсумовуючи, важливо зазначити, що *комплексне вирішення розглянутих проблем, а також забезпечення належного фінансування процесу розвитку нанотехнологій дозволить подолати стратегічне відставання України у наносфері та відновити її науково-технічний паритет з розвиненими країнами.* Цьому сприятиме ефективне впровадження Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали", розрахованої на 2010–2014 рр.

На відміну від розвинутих країн світу, *в Україні на найвищому державному рівні поки що не усвідомлено ключової ролі, яку у найближчому майбутньому будуть відігравати результати досліджень і розробок у наносфері.*

Якщо у США у 2001 р. започатковано довгострокову Національну нанотехнологічну ініціативу, яка є ефективним інструментом, здатним забезпечити лідерство Сполучених Штатів у першій половині поточного сторіччя; аналогічні програми прийнято Європейським Союзом, Японією, Китаєм, Бразилією і рядом інших країн, то *розглянута Комплексна програма фундаментальних досліджень "Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології", а також Державна цільова науково-технічна програма "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010–2014 роки не носять стратегічного, наонаціонального характеру і не вирішують широкого кола науково-технологічних, фінансових, організаційно-правових, управлінських, кадрових проблем, що стоять перед вітчизняною наносферою.*

Показовим для України є приклад Росії, де у 2007 р. назріла необхідність визнання стратегічної ролі нанотехнологій на найвищому

державному рівні і створення програми загальнонаціонального масштабу. Для реалізації Стратегії розвитку наноіндустрії створено Російську корпорацію нанотехнологій і передбачено значні бюджетні кошти і приватні асигнування промислових компаній, корпорацій, бізнес-структур.

Невідкладний перехід України до формування активної державної політики у сфері нанотехнологій шляхом розробки національної стратегії розвитку наносфери, основним інструментом реалізації якої стане відповідна національна програма, дозволить подолати наявне стратегічне відставання України від технологічно розвинених країн. До участі в цій програмі мають бути залучені як державні науково-дослідні установи і організації, вищі навчальні заклади, науково-виробничі об'єднання, так і приватні промислові компанії, бізнес-структури тощо.

Широкомасштабна програма сприятиме концентрації ресурсів (як державних, так і приватних, зокрема венчурних інвестицій) для розвитку найбільш актуальних і пріоритетних напрямів нанотехнологій, наносистем і наноматеріалів, вирішенню питання придбання сучасного дорогого устаткування, створенню потужного базового центру нанотехнологій із сучасним обладнанням для колективного користування, а також мережі регіональних центрів колективного користування, розвитку технопарків тощо.

За допомогою національної програми розвитку нанотехнологій можна буде вирішити питання щодо:

- *фінансового, матеріально-технічного і технологічного забезпечення нанодосліджень і нанорозробок, впровадженню їх у виробництво, державної підтримки виробників нанопродуктів;*
- *створення системи індустріалізації наносфери, оскільки нанопродукти можна впроваджувати у багатьох галузях промисловості;*
- *створення та імплементації нормативно-законодавчої бази щодо розвитку інфраструктури наносфери на державному та регіональному рівнях;*
- *комерціалізації нанорозробок, формування внутрішнього ринку нанопродуктів, сприяння їхнього виходу на міжнародні ринки;*
- *забезпечення конкурентоспроможності нанопродуктів;*
- *створення науково-технологічної кооперації (державного-приватного партнерства) науково-дослідних установ, вищих навчальних закладів, підприємств, у тому числі венчурних, суб'єктів малого і середнього підприємництва для розвитку нанотехнологій;*
- *підготовки і перепідготовки висококваліфікованих кадрів науковців, інженерно-технічних працівників, робітників тощо, у тому числі шляхом розроблення цільових міждисциплінарних програм підготовки спеціалістів бакалаврського і магістерського рівнів;*
- *створення державної системи стандартизації у наносфері;*
- *формування державної системи статистики у наносфері.*

7.4 Рекомендації для України щодо посилення стратегічних підходів до планування нанотехнологічних досліджень та розвитку nanoіндустрії

1 Україна запізнилася з обґрунтуванням і впровадженням своєї стратегії економічної та технологічної модернізації, що ускладнює масове впровадження нанотехнологій у несучих галузях п'ятого-шостого технологічних укладів.

Структурна деформація української економіки протягом всіх років перетворень привела до зниження технологічної укладності, розірвання замкнених технологічних ланцюгів, закріплення експортно-сировинної орієнтації та підвищення залежності від високотехнологічного імпорту. Протягом 1990-2008 рр. частка машинобудування у структурі промислового виробництва скоротилася удвічі – з 31 до 14 %, а чорної металургії, навпаки, зросла з 11 до майже 27 %. Потенціал України у сфері високих технологій стрімко скорочується: частка високотехнологічних товарів у товарному експорті скоротилася з 4,3 у 2003 р. до 1,87 % у 2008 р. Розрив між дослідженнями та ринком в українській економіці зростає, питома вага інноваційно-активних підприємств зменшилась удвічі протягом 1996-2009 рр. (з 20,8 до 12,7 %) з огляду на несприятливе для інновацій середовище.

В таких умовах навіть за наявності високого наукового потенціалу академічних досліджень у сфері високих технологій можливості реального сектору використовувати їхні результати є досить обмеженими. Тим не менше запас потужності таких високотехнологічних секторів, як аерокосмічна, хімічна, фармацевтична галузі, виробництво електронно-вимірювальної техніки та наукового обладнання, інформаційно-комунікаційного сектора, оборонно-промислового комплексу, є все ще значним. Його відновлення та відвоювання конкурентних позицій на внутрішньому та зовнішніх ринках – це питання організації стратегічного планування та управління в економіці країни та її науково-технологічній сфері як генераторі нових знань і продуктивності.

2 Аналіз змісту програмних документів країн-лідерів на ринку нанотехнологій, їх взаємозв'язку з національними стратегіями і програмами та особливостей програмного процесу дозволяє зробити такі висновки.

По-перше, програми розвитку нанотехнологій у цих країнах є складовими національних стратегічних документів, формуються відповідно до прийнятого у країні порядку розроблення і реалізації таких документів та на виконання офіційно проголошених стратегічних цілей розвитку держави.

По-друге, такі плани і програми обов'язково мають передбачати узгоджені заходи державної політики у різних сферах (включаючи

промислову, бюджетну, грошово-кредитну, зовнішньоекономічну) з метою концентрації зусиль і ресурсів для розвитку та впровадження нанотехнологій.

По-третє, обов'язковим є впровадження системи середньострокового бюджетування, орієнтованого на результат, яке передбачає спрямування фінансового планування та видатків бюджетів на реалізацію ключових цілей, визначених у процесі стратегічного планування.

По-четверте, ефективність реалізації масштабних міжсекторальних проектів забезпечується шляхом створення спеціального органу, на який покладаються функції їхнього координування, розроблення інструментів узгодження програм, заходів та ресурсів, закріплених за окремими виконавцями.

По-п'яте, обов'язковою є участь представників бізнесу і громадськості у визначенні пріоритетів та цільових завдань програмних документів, їх моніторингу, контролю, незалежної оцінки досягнення поставлених цілей.

По-шосте, надзвичайно важливе значення приділяється національними урядами посиленню спрямованості системи фінансування наукових досліджень і розробок на стимулювання технологічних інновацій, прискорення процесів комерціалізації результатів досліджень, реєстрації і введення у господарський обіг інтелектуальної власності, що у кінцевому підсумку повинно забезпечити бажану синергію між наукою, інноваціями та бізнесом.

3 Особливістю політики післякризового відновлення економічно розвинутих країн у 2009-2010 рр. стали: (1) фокусування політики економічного та науково-технологічного розвитку на стратегічні і водночас прагматичні пріоритети розвитку, підвищення продуктивності виробництва та потреби суспільства; (2) забезпечення відкритості та підзвітності політичних рішень і напрямів витрачання бюджетних коштів перед суспільством; (3) зміцнення регуляторних рамок формування та реалізації стратегічних документів розвитку на всіх етапах програмного циклу; (4) розширення часових рамок середньострокового бюджетного планування до 5-7 років та його гармонізація з економічним плануванням. Це забезпечило як довіру платників податків до державної політики у складні часи виходу з кризи, так і посилення координації урядових структур під час розроблення та реалізації заходів і завдань стратегічних планів дій, їх націленість на кінцевий результат.

4 В Україні домінує короткострокове кон'юнктурне планування, спрямоване на покращання економічної кон'юнктури в межах одного року, яке здійснюється переважно шляхом узгодження дефіциту річного бюджету з обмеженим колом макроекономічних показників. В таких умовах апріорі неможливо забезпечити стабільність державного фінансування та реалізації науково-технічних і технологічних програм,

розрахованих, як правило, на середньо- і довгостроковий період, а тим більше розраховувати на залучення значних коштів приватного бізнесу. Натомість стратегічне планування забезпечує розроблення та реалізацію економічної політики з позицій довгострокових перспектив і спрямоване на пошук нових рішень для забезпечення переваг національних компаній на міжнародних ринках.

5 Запровадження засад та інструментарію державного стратегічного планування в Україні загальмувалося після прийняття Концепції вдосконалення системи прогностичних і програмних документів з питань соціально-економічного розвитку України у 2006 р. (розпорядження Кабінету Міністрів України від 04.10.2006 р. N 504-р). У той час як і східноєвропейські країни, Росія та Казахстан активно запроваджують у своїй діяльності принципи стратегічного планування і середньострокового бюджетування, в Україні доля будь-яких програмних документів вирішується під час прийняття річного державного бюджету, коли пріоритет надається поточним видаткам. Не дотримується і технологія розроблення та реалізації програмних документів, передбачена чинними Законами України "Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України", "Про державні цільові програми", "Про науку і науково-технічну діяльність", "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки". Зазвичай урядові програми обмежуються постановкою ключових завдань, у той час як шляхи досягнення цілей окреслюються декларативно без конкретизації за часовими рамками, ресурсами та відповідальними виконавцями.

6 Програми розвитку високих технологій підпадають під чинний порядок розроблення державних цільових програм (понад 70 програм фінансується у 2011 р.), який не передбачає серйозної відповідальності ні їхніх розробників за невиконання завдань програм, ні Міністерства фінансів за недофінансування таких програм. При цьому програми, які є стратегічними для розвитку країни, можуть "потонути" під непрозорим конкурентним тиском другорядних програм. Така доля спіткала Національну програму України "Критичні технології" (затверджену постановою Кабінету Міністрів України від 16.05.1994 р. № 310) та Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій на 2005-2013 роки, які вважалися пріоритетними, але регулярно недофінансовувалися [118].

7 Головною метою першої Міжвідомчої науково-технічної програми "Нанофізика і наноелектроніка", затвердженої кабінетом Міністрів України у 2001 році, визначено "розвиток фундаментальних досліджень і технологій в одному з найперспективніших напрямів сучасної фізики - фізиці наноструктур, і створення на цій основі конкурентоспроможної та патентоздатної продукції, яка забезпечить національний прогрес в наукоємних технологіях" [119]. У зв'язку з обмеженням фінансування питання про підготовку української

промисловості до освоєння такої продукції не ставилося – серед 34 українських виконавців програми переважну більшість складала університети та науково-дослідні інституції. Результатом виконання програми стало отримання патентів на окремі завершені розробки та їхня реалізація за кордоном.

8. Державна цільова науково-технічна програма "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки, затверджена постановою Кабінету Міністрів України N 1231 від 28.10.2009 р. N 1231, ставить більш широку і прагматичну мету - створення наноіндустрії шляхом забезпечення розвитку її промислово-технологічної інфраструктури, використання результатів фундаментальних і прикладних досліджень, а також підготовки висококваліфікованих наукових та інженерних кадрів [120]. При цьому необхідно відмітити, що 1,8 млрд. грн., що мають виділятися на 5 років реалізації програми згідно з її паспортом, недостатньо для отримання більш-менш вагомих результатів. А коло завдань, визначене Програмою, є досить широким:

- розроблення нанотехнологій для хімічної промисловості, енергетики, лікування найпоширеніших і небезпечних хвороб, виготовлення біологічно активних речовин та багатофункціональних пристроїв наноелектроніки;
- підготовка нормативно-правових актів, стандартів і сертифікатів, підручників і навчальних посібників для вищих навчальних закладів ;
- створення у вищих навчальних закладах науково-навчальних центрів.

Слід констатувати, що поставлені цією програмою завдання не знайшли свого відображення у програмних урядових документах - Державній програмі економічного і соціального розвитку на 2010 та 2011 р., а також Програмі курсу реформ "Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава". Це є зрозумілим, оскільки сьогодні першочергового вирішення потребують більш термінові завдання (які залишилися невирішеними внаслідок гальмування структурних реформ у країні), серед яких: дерегулювання підприємницької діяльності, зняття інфраструктурних обмежень, підвищення енергоефективності всіх без виключення секторів економіки, пенсійна реформа тощо. Разом з тим без виведення завдань згаданої програми на рівень національного пріоритету вона не забезпечить очікуваного прогресу України у сфері нанотехнологій та відчутних вигод для бізнесу і суспільства.

9 Нові виклики, що постають перед системою управління науково-технологічним розвитком після виходу із фінансово-економічної кризи, вимагають поєднання державної підтримки великих наукових проектів з ринковими підходами до стимулювання технологічної модернізації та впровадження результатів досліджень за активної участі малих інноваційних підприємств. Державна підтримка

такої співпраці має бути непрямою, децентралізованою і ґрунтуватися на використанні різних фондів та фінансових інструментів на всіх стадіях трансферу знань від лабораторій до виробництва. Прозора система конкурсів проектів і програм, суттєве збільшення частки грантового та проектного фінансування науки порівняно з базовим має забезпечити підвищення її ефективності та притік приватних інвестицій. Така система має базуватися на визначеному переліку індикаторів кінцевих результатів для оцінки економічного впливу, та регулярних оглядах незалежних експертів та оцінках ризиків.

10 Це повною мірою стосується нанотехнологій, які повинні швидко рухатися від академічних лабораторій до виробництва та ринку, працювати "з коліс". Стратегічні плани та програми розвитку наноіндустрії мають, з одного боку, забезпечувати тісний зв'язок нанотехнологій з потребами бізнесу, а з другого - чітку координацію діяльності всіх учасників такої складної системи з позицій стратегічного підходу. Це означає, що програми розвитку нанотехнологій, як і інших високих технологій, мають бути вмонтовані у стратегії та середньострокові плани дій розвитку науки і технологій на рівні держави, а останні – у загальнонаціональні стратегічні документи розвитку країни, реалізуючи щонайменше одну з стратегічних цілей розвитку країни, передбачених цими документами. У свою чергу державні стратегії та цільові програми розвитку високих технологій повинні бути орієнтиром для середньострокового планування діяльності державних і приватних підприємств-виконавців проектів, які у подальшому формуватимуть фундамент індустрії високих технологій.

11 На наш погляд, головною стратегічною ціллю розвитку економіки має бути забезпечення сталого розвитку України шляхом технологічної модернізації та диверсифікації у напрямі переходу від сировинно-експортної до постіндустріальної економіки. Враховуючи специфіку розвитку програмного процесу у нашій країні, де різними нормативними актами затверджено понад 200 різних програм і стратегій, вирішення проблеми такого рівня вимагає розроблення окремої довгострокової стратегії розвитку науки і технологій, яка впорядкує всі програмні документи за критерієм їхньої відповідності визначеним головним стратегічним цілям країни у цій сфері.

В Україні впровадження нових підходів до вироблення та реалізації економічної та науково-технічної політики передбачається проектом Закону України "Про державне стратегічне планування", розробленим Мінекономіки разом з іншими органами виконавчої влади у 2010 р. цей проект Закону має замінити чинний Закон "Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України" від 2001 р.

Законопроектом передбачено перехід від коротко- до довго- і середньострокового планування, розроблення довгострокової Стратегії та

середньострокового Стратегічного плану соціально-економічного розвитку України, стратегічних планів центральних органів виконавчої влади, державних об'єднань, корпорацій та холдингів, а також окремих державних цільових програм. Це повинно створити чітку вертикаль для реалізації цілей розвитку країни та підвищити ефективність державного регулювання у реальному секторі. Узгодження завдань таких документів з ресурсами бюджету має здійснюватися в процесі середньострокового бюджетування, впровадження якого відповідно до європейської практики передбачено також Програмою реформ і положеннями Порядку денного асоціації Україна-ЄС.

Відставання у проведенні адміністративної та бюджетної реформ стримують впровадження системи СПУ у повному обсязі. Прийнятий у червні 2010 року новий Бюджетний кодекс орієнтує на розробку проекту державного бюджету на плановий і два наступні роки, тобто обмежує період середньострокового планування трьома, а не п'ятьма роками. Запровадження середньострокового бюджетного планування у повному обсязі передбачено Програмою реформ лише на 2014 р.

За такого цілісного підходу державні цільові програми поступово втраять свою функцію додаткового вибивання коштів на виконання повноважень головних розпорядників бюджетних коштів. Вони мають розроблятися лише для вирішення окремих міжсекторальних завдань, які не охоплюються стратегічними планами міністерств.

За необхідності Кабінет Міністрів може приймати рішення про розробку інших стратегій і програм, необхідних для реалізації найважливіших проблем розвитку, зокрема довгострокової стратегії розвитку науки і технологій (інноваційної стратегії або стратегії технологічної модернізації). Важливо правильно позиціонувати цілі такої стратегії в системі національних пріоритетів країни – на наш погляд, загальною метою такої стратегії має бути досягнення сталого розвитку країни шляхом технологічної модернізації і диверсифікації реального сектора в напрямку переходу від експортно-сировинної до постіндустріальної економіки. Стратегічні цілі та завдання розвитку індустрії високих технологій повинні посісти в таких стратегічних документах своє гідне місце та отримати відповідне ресурсне забезпечення.

Висновки

Високі наукоємні технології, зокрема нанотехнології, — це один із ключових напрямів розвитку сучасної науки і виробництва. Вони можуть привести світ до нової технологічної революції та повністю змінити не лише економіку, а й навколишнє середовище, в якому живе людина, її фізичні і психічні можливості. Нанотехнології здійснюють вирішальний вплив на розвиток медицини, фармакології, енергетики, біотехнології, електроніки тощо; вони здатні перевершити сучасний рівень розвитку інформаційних і комунікаційних технологій.

Характерною ознакою останніх років є зростання витрат на нанодослідження і нанорозробки як у розвинених країнах світу, так і країнах, що розвиваються. Для концентрації ресурсів і інтелектуального потенціалу на розвитку пріоритетних науково-технологічних напрямів та реалізації скоординованих заходів розроблено ***широкомасштабні національні програми розвитку нанотехнологій. Це стратегічні документи, у яких окреслено завдання щодо виходу країн на лідируючі позиції у світі в окремих галузях нанонауки й здобуття конкурентних переваг на світовому наноринку.***

Відмінною рисою всіх національних програм розвитку нанотехнологій є те, що *розвиток інфраструктури виділяється в них окремим блоком*. Всі країни створюють спеціальні міждисциплінарні центри нанотехнологій і виділяють на це значні бюджетні асигнування. Багато країн засновують *центри колективного користування*, в яких першокласне наукове наноустаткування (вартість якого є занадто високою) надається для проведення НДДКР різним науковим організаціям. Наноцентри колективного користування покликані здійснювати фундаментальні дослідження, а також координувати зусилля вчених, які працюють у державних і приватних університетах, інститутах і лабораторіях. У рамках національних програм створюються *учбові центри для підготовки відповідних наукових та інженерно-технологічних кадрів*.

Іншою особливістю всіх національних програм є *визначення формування людського капіталу як пріоритетного завдання*, яким передбачено створення кадрового потенціалу для проведення міждисциплінарних досліджень; підвищення статусу нанонауки; організації спеціальних міждисциплінарних курсів, проведення конференцій, літніх шкіл тощо; залучення талановитих учених з інших країн.

Усі національні програми розроблено в партнерстві із приватним сектором, хоча в різних країнах внесок приватного сектору у наносферу є різним. У США і Японії ініціатива розробки національних програм у значній мірі належала приватному сектору. У КНР, навпаки, головним ідеологом стали урядові структури. *Партнерство державного сектору із приватним обумовлено, насамперед, необхідністю швидкої комерціалізації НДДКР та їхньої орієнтації на потреби реального сектору економіки*. Багато країн

залучало до розробки національних програм неурядові організації, тобто споживачів інновацій (Японія, США, країни ЄС). У більшості країн, включаючи Україну, для забезпечення діалогу між усіма учасниками процесу і формування пріоритетів використовувалася технологія Форсайта (Форсайт-дослідження).

Окремим завданням всіх національних програм є *вивчення наслідків використання нанопродуктів і нанопослуг, вивчення можливого їхнього негативного впливу на здоров'я людини і екологію, а також дослідження проблеми формування позитивного ставлення громадськості до нанотехнологій.*

Нарешті, практично у всіх національних програмах *сформовано напрями міжнародного співробітництва.* Ряд програм обмежується формуванням напрямів для спільних проектів. Найбільш просунуті програми включають у себе проблему дослідження можливого негативного впливу нанотехнологій на навколишнє середовище й здоров'я людини силами міжнародного наукового співтовариства, а також проведення сканування й моніторингу широкого кола проблем.

Безумовно, *національні програми мають і свої особливості.* Так, у США й Китаї велике значення приділяється розвитку нанотехнологій для забезпечення оборонної безпеки і проводиться політика розробки технологій подвійного призначення. Європейська комісія вирішує завдання щодо формування єдиного нанопростору країн-членів ЄС, розробляє механізми координації зусиль і кооперування країн-членів ЄС. Країни Латинської Америки розробляють свої програми щодо партнерства з корпоративним сектором США. Країни Азійсько-Тихоокеанського регіону в значній мірі орієнтуються на підтримку розвитку наноелектроніки [31].

У цьому зв'язку особливо корисним для України є досвід США, зокрема у частині створення організаційно-адміністративної системи та системи міжвідомчого і міждисциплінарного координування діяльності у наносфері, визначення цілей, пріоритетів програми NNI, обсягів її фінансування, управління пріоритетними проектами. Показовим є також досвід Німеччини – лідера щодо розвитку наносфери серед країн Європейського Союзу, зокрема у частині формування інфраструктури наносфери, бюджетного фінансування пріоритетних напрямів, розробки нанопрограм і цільових проектів "головних інновацій" у наносфері, створення мережевих наноструктур та механізмів адміністрування програм державної підтримки, підготовки кадрів, а також охорони навколишнього середовища і здоров'я споживачів нанопродуктів, формування громадської думки.

Фінансування національних програм здійснюється за рахунок державних бюджетів із залученням коштів великих промислових корпорацій, приватних підприємств, установ і організацій. Досвід США, Японії, Південної Кореї та деяких інших країн-лідерів показує, що держава надає лише первісного імпульсу для розвитку наносфери, решту робить приватний бізнес. У 2005 р. *обсяг світового приватного фінансування розробок у сфері*

нанотехнологій впритул наблизився до обсягу державного фінансування. Це означає, що наноринок переступив ту межу, за якою його розвиток набуває самопідтримуючого характеру [44].

Особливістю приватних інвестицій у сектор інноваційної продукції є високі ризики при високих нормах прибутковості. Фонди венчурного інвестування покликані максимально ефективно управляти ризиками, що виникають. *Внески венчурного капіталу в нанотехнології характеризуються стрімкою динамікою зростання.*

Таким чином, можна стверджувати, що у ряді країн-лідерів існує поділ фінансових сфер відповідальності між бізнесом і державою. У цьому зв'язку *державі доцільно фінансувати фундаментальні розробки*, які є суспільним благом і можуть бути використані будь-яким дослідником, а також сферу освіти, що забезпечує підготовку кваліфікованих фахівців для наноіндустрії. Для приватного сектору, як правило, такі видатки є не цікавими, оскільки не дозволяють одержати безпосередньої економічної вигоди. Разом з тим приватні компанії зацікавлені в інвестиціях у прикладні нанорозробки, на основі яких виробляються продукти, що користуються попитом на наноринку.

Як відзначалося вище, обсяги приватних інвестицій у нанотехнологічну сферу в Європі відстають від обсягів державного фінансування розвитку нанотехнологій. Проте державне фінансування є конкурентоспроможним на світовому рівні. Європейській політиці щодо розвитку НДДКР притаманні негайне реагування на нові можливості, які відкриваються завдяки досягненням у наносфері, і участь у "нанозмаганнях". Європейські експерти дотримуються думки про те, що *високий рівень державного фінансування наносфери сприятиме науково-технологічній перевазі Європи [47].*

Знання й інтелектуальна власність створюються шляхом реалізації науково-дослідних проєктів, які більшою мірою фінансуються державою. Однак *запорукою їхнього успішного технологічного впровадження і перетворення у конкурентоспроможні продукти є посилення інтеграції науки із промисловістю.*

Ще одним позитивним аргументом на користь державного фінансування нанотехнологій у Європі, на думку європейських експертів, є його *соціальна спрямованість*: нанотехнології матимуть вплив на економічний розвиток, якщо вони сприятимуть розв'язку нових завдань, і водночас не створюватимуть додаткових проблем. Тільки за цих умов суспільство в особі його громадян - споживачів, представників органів державного управління, "груп тиску" - прийме й підтримає нанотехнологічні продукти.

Головною перевагою бюджетного фінансування наукових досліджень є *можливість управління НДДКР на державному рівні шляхом визначення пріоритетних напрямів*, наприклад таких, як дослідження аспектів безпеки нанотехнологій, прийняття рішень, що стосуються проблем захисту навколишнього середовища або ризиків використання нових медичних

препаратів. Впливаючи на розвиток пріоритетів у наносфері, держава має погоджувати їх із соціальними очікуваннями громадян, попереджувати можливі ризики, отже впливати на економічні тенденції [47].

Без перебільшення можна стверджувати, що *європейські підходи до обрання пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і формування державної політики у наносфері є привабливими і придатними для запозичення Україною.*

Сучасний політичний курс Російської Федерації, спрямований на розвиток Стратегії наноіндустрії, передбачає інтеграцію її технологічного комплексу в міжнародний ринок високих технологій та забезпечення конкурентоспроможності російських нанопродуктів. Розробка і успішне освоєння нових науково-технологічних можливостей, що забезпечуються значними обсягами бюджетного фінансування, потребують координації діяльності всіх учасників процесу на державному рівні, організації їх нормативно-правового, ресурсного, фінансово-економічного, кадрового забезпечення, а також активної державної підтримки просування російських нанопродуктів на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Особливо цікавою і показовою для України є успішна реалізація вищезгаданих завдань, зокрема щодо:

- офіційного визнання державою необхідності розвитку наноіндустрії, прийняття нормативно-законодавчих актів, які закріплюють позицію держави щодо визнання нанотехнологій пріоритетним напрямом розвитку науково-технологічної сфери;
- започаткування і успішної реалізації федеральних цільових програм, присвячених розвитку наносфери;
- діяльності Російської державної корпорації нанотехнологій "Роснанотех" в частині реалізації державної політики в науково-технічній і інноваційній сферах, сприяння переходу російської економіки на інноваційний шлях розвитку, реалізації проектів розробки перспективних нанотехнологій та наноіндустрії; створення нанотехнологічної інфраструктури, підтримки інтеграції нанотехнологій у бізнес, сприяння виходу російських компаній на внутрішній і зовнішні наноринки, участі корпорації у міжнародних і вітчизняних інвестиційних фондах, розвитку міжнародного співробітництва із провідними нанотехнологічними центрами і компаніями;
- створення внутрішнього попиту на нанотехнологічну продукцію та внутрішнього ринку високотехнологічних продуктів;
- подолання дефіциту наукових кадрів і спеціалістів у наносфері шляхом введення у вищих навчальних закладах відповідних спеціальностей для підготовки бакалаврів і магістрів;
- зростання кількості інвестиційних проектів на наноринку та обсягів їхнього фінансування;
- виявлення і вирішення проблем комерціалізації нанотехнологій;
- розвитку національної нанотехнологічної мережі;
- участі регіонів РФ у підтримці розвитку нанотехнологій.

Досягнення в отриманні нового наукового знання є найважливішим фактором створення потенційних нанотехнологічних інновацій. Саме в цій сфері негативні прояви наукової політики виявляються найбільш болючими, що підтверджується російським досвідом (див. розділ 5.3).

Так, наукове керівництво РАН, приділяючи значну увагу вивченню фулеренів, "не помітило" явного переносу акцентів країнами-лідерами в наносфері на вивчення нанотрубок. В результаті за кількістю публікацій РФ в рази поступається Китаю, який в більш пізні терміни почав дослідження ВНТ, проте надав державну підтримку цьому перспективному напрямку. При більш високих показниках цитування, частка російських статей у світовому масиві нанопублікацій зменшується. Крім того, зволікання (до 2007 р.) з прийняттям Стратегії розвитку наноіндустрії в РФ і утворенням державної корпорації "Роснанотех" не сприяло розвитку наукової діяльності і створенню інновацій у цій сфері в той час, як практично всі провідні країни світу отримували значні прибутки від упровадження нановинаходів у виробництво і виведення їх на ринки збуту.

Нанотехнології (як комплексна багатогалузева дисципліна) мають особливий (специфічний) вплив на патентування винаходів, патентну експертизу й патентний пошук. У цьому зв'язку російські експерти пропонують:

- *розробити спеціальні методичні документи щодо проведення патентних досліджень, патентування винаходів й збереження досягнень у наносфері у вигляді комерційної таємниці (ноу-хау);*

- *для забезпечення якісного пошуку вивчити існуючі засоби, що дозволяють запобігати розсіюванню інформації, виявити релевантні бази даних або створити спеціалізовані пошукові масиви;*

- *з огляду на значні обсяги бюджетного фінансування розвитку наносфери в РФ організувати моніторинг патентування російських нанотехнологій, а також передбачити відповідні кошти для проведення процедур зарубіжного патентування винаходів.*

- *з метою стимулювання й підвищення зацікавленості науково-дослідних і академічних установ в результатах нанорозробок, фінансованих з державного бюджету, розширити права розробників на інтелектуальну власність;*

- *для підвищення якості експертизи винаходів у наносфері необхідно підготувати відповідні методичні розробки й провести навчання експертів.*

Таким чином, ***стратегічні плани та програми розвитку наноіндустрії мають забезпечувати тісний зв'язок нанотехнологій з потребами бізнесу, а також чітку координацію діяльності всіх учасників цього складного процесу з позицій стратегічного підходу.*** Програми розвитку нанотехнологій, як і інших високих технологій, мають бути вмонтовані у стратегії та середньострокові плани дій щодо розвитку науки і технологій на рівні держави, а останні – у загальнонаціональні стратегічні документи розвитку країни. У свою чергу державні стратегії та цільові програми розвитку високих технологій повинні бути орієнтиром для

планування діяльності державних і приватних підприємств-виконавців проектів, які у подальшому формуватимуть фундамент наноіндустрії.

Але найголовнішим фактором прогресу є наявність стратегічного плану, забезпеченого фінансовими ресурсами, організаційною підтримкою держави, чітка координація дій (на міжсекторальному і міжвідомчому рівнях) щодо його впровадження, всебічна оцінка результативності програм та заходів, спрямованих на досягнення поставлених цілей та підзвітність відповідальних виконавців перед урядом та суспільством. ***Інструментом реалізації такого стратегічного плану має стати національна програма розвитку наносфери в Україні.***

Це дозволило б вирішити ряд серйозних проблем (див. розділ 7.3), зокрема матеріально-фінансових, пов'язаних з розпорошеністю або відсутністю необхідних коштів та інших ресурсів для проведення наукових досліджень, створення або закупівлі відповідного нанотехнологічного устаткування, промислового впровадження нанорозробок, виходу нанопродуктів на вітчизняні та світові ринки. Лише ***різке, не менше ніж десятикратне в порівнянні із сучасним, збільшення обсягів фінансування нанодосліджень і нанорозробок дозволить подолати стратегічне відставання України у наносфері та відновити її науково-технічний паритет з розвиненими країнами.***

Започаткування національної програми сприяло б також заснуванню потужного центру нанотехнологій із сучасним устаткуванням для колективного користування, а також регіональних нанотехнологічних центрів; вирішенню питання щодо підготовки і перепідготовки висококваліфікованих наукових та інженерно-технологічних кадрів на базі провідних університетів України; формуванню тісної взаємодії науковців, освітян та представників бізнесу у межах "трикутника знань".

Проведений аналіз свідчить про те, що ***напрями нанодосліджень і нанорозробок у різних країнах збігаються або близькі за змістом, що відкриває перспективи для міжнародного співробітництва України у цій сфері із США, країнами ЄС, зокрема з Німеччиною і Великобританією, Японією, Кореєю, а також Китаєм і Росією (див. розділи 5, 7.2).***

У цьому зв'язку цікавою є пропозиція представників Російської академії наук (яка була схвально оцінена українськими вченими) стосовно ***кооперації зусиль науковців країн СНД щодо створення у рамках Співдружності єдиного нанотехнологічного простору***, який орієнтовно складатиметься з таких платформ [121]:

- науково-технологічної - інфраструктура;
- науково-освітньої – кадри, які підтримують цю інфраструктуру;
- інформаційно-комунікаційної, що забезпечує зв'язок між усіма учасниками інфраструктури для того, щоб внесок кожного було враховано і ефективно використано, включаючи сервісні функції;
- виробничо-технологічної - система трансферу технологій, яка на цей час у РФ гармонізується з західним законодавством і досвідом у цій сфері;
- організаційно-економічно-правової як головної;

- системи стандартів і сертифікації.

Формування єдиного регіонального нанотехнологічного ринку країн Співдружності дозволить створити нові робочі місця на цьому наукомісткому просторі, сприятиме випуску нової продукції, а в перспективі - створенню одного з найбільших ринків нанопродуктів у порівнянні з американським і об'єднаним європейським. Це матиме суттєвий вплив на якість і рівень життя громадян країн-учасниць [121].

Література

1. Чекман, І.С. Нанонаука: перспективи наукових досліджень / І.С. Чекман // Наука та інновації. – 2009. – Т. 5, №3. – С.89-93.
2. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения : учеб. пособие / Б.М. Балоян, А.Г. Колмаков, М.И. Алымов, А.М. Кротов ; Международный университет природы, общества и человека "Дубна" Филиал "Угreshа". – М., 2007. – 125 с.
3. Алферов, Ж.И. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов, Асеев А.Л., Гапонов С.В. и др. // Нано- и микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С.3-13.
4. Алымов, М.И. Механические свойства нанокристаллических материалов. – М.: МИФИ, 2004. – 32 с.
5. Алымов, М.И. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов / М.И. Алымов, В.А Зеленский. – М.: МИФИ, 2005. – 52 с.
6. Новые материалы / Под ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
7. Singer, P. Nanotechnology / P. Singer // Semiconductor International. - 2007. – January. - P. 36–40.
8. Drexler, K.E. Engines of creation. The Coming Era of Nanotechnology / K.E. Drexler. – В. кн.: Anchor Books Double-day. - N.Y., USA, 1986. – 299 p.
9. Киреев, В. Нанотехнологии: история возникновения и развития / В. Киреев // Наноиндустрия. – 2008. – №2. –С. 2-10
10. Алфимов, М.В. Нанотехнологии: определения и классификация / М.В. Алфимов, Л.М. Гохберг, К.С. Фурсов // Российские нанотехнологии. – 2010. – Т. 5, №7-8. — С. 8-15. – [Электронный ресурс] / Режим доступа : http://www.nanojournal.ru/events.aspx?cat_id=223&d_no=2585
11. Singer, P. Nanotechnology: embrace the future / P. Singer // Semiconductor International. - 2002. – March. - P. 17.
12. Официальный сайт ГК Российская Корпорация нанотехнологий. Нанотехнологический словарь РОСНАНО - [Электронный ресурс] / Режим доступа : <http://thesaurus.rusnano.com/wiki/article1377>.
13. Глазьев, С. Возможности и ограничения технико-экономического развития России в условиях структурных изменений в мировой экономике : научный доклад / С. Глазьев. – М.: Государственный университет управления, 2008. – 91 с.
14. Еленин, Г.Г. Нанотехнологии, наноматериалы, наноустройства / Г.Г. Еленин. – [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://spkurdyumov.narod.ru/Kartochka.htm>
15. Медицина и фармацевтика в наномире // В мире нано. - 2010. - № 4. - С. 21-23.
16. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://stra.teg.ru/library/global/Prognoz/foresight/4>

17. Третьяков, Ю. Д. Проблема развития нанотехнологий в России и за рубежом / Ю. Д. Третьяков // Вестник Российской Академии наук. – 2007. – Т. 77, № 1. – С. 1-10.
18. Gleiter, H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure / H. Gleiter // Acta mater. - 2000. - V.48. - P.1-29.
19. Андриевский, Р.А., Глезер, А.М. // Физ. мет. металловед. – 1999. - Т. 88, № 1. - С. 50–73.
20. Глезер, А.М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI, № 5. - С.57-63.
21. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы : учеб. пособ. / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. - М.: Издательский центр "Академия". - 2005. – 117 с.
22. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы – состояние разработок и применение / Р.А. Андриевский // Перспективные материалы. - 2001.- № 6. - С.5–11.
23. Андриевский, Р.А. Наноматериалы: концепция и современные проблемы // Рос. хим. ж. – 2002. - Т. XLVI, № 5. - С. 50-56.
24. Birringer, R. // Trans. Jap. Inst. Met.Suppl. / R. Birringer, U. Herr, H. Gleiter. – 1986. - V27. - P. 43–52.
25. Алфимов, С.М. Развитие в России работ в области нанотехнологий / С.М. Алфимов, В.А. Быков, Е.П. Гребенников и др. // Нано- и микросистемная техника. - 2004. - №8. - С.2-8.
26. Основы политики Российской Федерации в области науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу // Поиск. - 2002. - № 16 (19 апреля).
27. Лучинин, В.В. Введение в индустрию наносистем // Нано- и микросистемная техника. – 2007. - № 8. – С. 2-7.
28. Лучинин, В.В. Наноиндустрия и "человеческий капитал" // Нано- и микросистемная техника. – 2008. - № 1. – С. 6-13.
29. Світові та вітчизняні тенденції розвитку нанотехнологій та наноматеріалів : аналітичний огляд / Н.В. Березняк, Т.К. Кваша, Г.В. Новіцька. – К. : УкрІНТЕІ, 2009. – 61 с.
30. Гапоненко, Н.В. Россия в русле глобальной гонки за лидерство в нанотехнологиях / Н.В. Гапоненко // Инновации. – 2007. - № 12. – С. 37-44.
31. Гапоненко, Н.В. Национальные стратегии развития нанонауки / Н.В. Гапоненко // Экономические стратегии. – 2008. - № 8. – С.44-53.
32. Андрощук, Г.О. Програма інноваційного розвитку економіки Німеччини: стратегія високих технологій / Г.О. Андрощук // Наука та інновації. – 2009. - № 3. – С.72-88.
33. Силантьев, С.О. Галузь нанотехнологій – тенденції розвитку до 2015 року / С.О.Силантьев // Галузева, міжгалузева та регіональна економіка. Вчені записки : зб. наук. праць / ДВНЗ "КНЕУ ім. В. Гетьмана". – К., 2009. – С.153-160.

34. Березняк, Н.В. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій: європейський підхід / Н.В.Березняк, Т.К. Кваша, О.В. Фролова // Науково-технічна інформація. – 2009. - № 3. – С. 44-50.

35. Хуллманн, А. Экономическое развитие нанотехнологий - анализ на основе показателей = The economic development of nanotechnology - An indicators based analysis / Dr. Hullmann, Angela : European Commission, DG Research, Unit "Nano S&T - Convergent Science and Technologies". - [Електронний ресурс]. - Режим доступа : <http://cordis.europa.eu/nanotechnology> - Version: 28 November 2006.

36. Nanotechnology Market and Company Report – Finding Hidden Pearls / [Fech, H.-J., Ilgner, J. et. al] : WMtech Center of Excellence Micro and Nanomaterials, Ulm. - 2003.

37. Негуляев, Г.А. Нанотехнологии: проблемы патентования и экспертизы / Г.А. Негуляев, Г.С. Ненахов // Патенты и лицензии. – 2007. - № 11, 12.

38. Ринкові підходи до розвитку нанотехнологій : аналітичний огляд / Березняк Н.В. – К. : УкрІНТЕІ, 2008. – 44 с. (Част.1).

39. Терехов, А.И. Наукометрические индикаторы для оценки развития нанотехнологии: позиции России в области фундаментальных наноматериалов / А.И. Терехов // Наука та наукознавство. – 2009. - № 1. – С.124-141.

40. Смирнов, Ю.Г. Вопросы патентования нанотехнологии в Российской Федерации (информационный аспект) / Ю.Г. Смирнов. – М.: Патент, 2009.

41. Терехов, А.И. нанотехнологии и наноматериалы в современном мире / А.И. Терехов // Вестник Российской академии наук. – 2009. – Т. 79, № 9. - С. 781-788.

42. Світовий досвід та вітчизняна практика забезпечення розвитку інноваційної діяльності : інформаційно-аналітичні матеріали. – К., 2009. – 179 с. - (До парламентських слухань на тему: "Стратегія інноваційного розвитку України на 2010-2020 роки в умовах глобалізації викликів").

43. Киселев, В.Н. Инновационная политика в области нанотехнологий: опыт США и ЕС / В.Н. Киселев, Д.А. Рубвальтер, О.В. Руденский [Электронный ресурс]. – режим доступа : <http://www.portalnano.ru/print/ms/ip>

44. Воробьев, П.В. Экономические аспекты развития нанотехнологий в условиях глобализации / П.В.Воробьев // Проблемы современной экономики. – 2007. - № 1(25).

45. [Електронний ресурс]. - Режим доступа : <http://nano-info.ru/nanotechnologies>.

46. Ковальчук, М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоемкой экономики. Новые возможности СНГ в XXI веке / М.В. Ковальчук // Наука та інновації. – 2008. – Т.4, № 1. – С. 5-28.

47. Каартемо, В. Инновации в России и других странах БРИК / В. Каартемо [Электронный ресурс]. - Режим доступа :

<http://www.bfm.ru/articles/2009/12/17/innovacii-v-rossii-i-drugih-stranah-brik.html>

48. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.nanometer.ru/2009/07/31/rosobrazovanie_156329.html

49. Информация // Нано- и микросистемная техника. - 2007. - № 9 (86). - С.76.

50. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.strf.ru/science.aspx?CatalogId=362&d_no=26462.

51. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.rusnano.com/Section.aspx/Show/15606?Page=1>

52. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.nanorf.ru/econom.aspx?cat_id=393&d_no=381

53. Борисов, В. Михаил Ананян: России нужен внутренний рынок продукции нанотехнологий [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://rosvesty.ru/1896/economics/?...> - Опубликовано nikst 8 декабря, 2007 - 05:10.

54. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.nanometer.ru/2008/01/24/12012041392196_5767.html

55. Алфимов, М.В. Преодоление барьеров на пути коммерциализации нанотехнологий /Алфимов, М.В. // Российские нанотехнологии. – 2007. – Т.2. - №11-12.

56. Кондратьев, И. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.pcweek.ru/...s/detail.php?...>

57. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://rnd.cnews.ru/...cience.shtml?...>

58. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://nanodigest.ru/content/view/432/50/>

59. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.sbras.ru/HBC/article.phtml?nid=485&id=12>

60. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://nano-info.ru/post/2819>

61. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.dp.ru/...2/14/251813/>

62. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : http://www.strf.ru/science.aspx?CatalogId=362&d_no=25887

63. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.rian.ru/...2895151.html14>

64. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://pine.ict.nsc.ru/.../n50/f6.html>

65. Стерлигов, И. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : <http://www.opes.ru/.../article.asp?...>

66. Алфимов, М.В. Дорожные карты как способ организации наноразработок / М.В. Алфимов // Российские нанотехнологии. – 2007. -№ 9-10.

67. Полтерович В. Модернизация – это творческий процесс. Эксперт, № 26 (711) /5 июля 2010. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.expert.ru>.

68. Глазьев С. Становление нового технологического уклада в мировой экономике. Апрель 2010 г. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.Сайт Курдюмова.ru>.

69. Nanotechnology Market Forecast to 2013. 2010. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.researchandmarkets.com/reports/888573/888573.htm>

70. Кузык О.Я. Прогнозирование и стратегическое планирование социально-экономического развития: Учебник / О.Я. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – М.: ЗАО "Издательство "Экономика", 2006. – 415 с.

71. Мусіна Л.А. Методичні засади впровадження стратегічного планування, орієнтованого на результат / Мусіна Л.А., Кваша Т.К. Підходи, індикатори та методи оцінювання впливу науково-технічної діяльності на економічний розвиток. – К.: УкрІНТЕІ, 2009. – 252 с. – 68.

72. Improving the implementation of the Stability and Growth Pact. The (ECOFIN) Council's report to the European Council. Brussels, 21 March 2005, 7423/05. – [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://ec.europa.eu>.

73. OECD in Figures. - OECD Observer, 2009 / Supplement 1 / Paris: OECD Publlition.

74. Белинский А.Н., Емельянов С.В., Сталинский В.С. Государство и НИОКР в США: приоритетные направления финансирования в начале XXI века. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.rusus.ru/?act=read&id=97>.

75. Мусіна Л.А. Особливості стратегічного планування розвитку високих технології у США та ЄС: рекомендації для України // Науково-технічна інформація. – 2010. - № 4. – С. 32-37.

76. Попова Е.В. О механизмах реализации долгосрочной социально-экономической стратегии России [Текст] // Инновационная Россия. Стратегия 2020. - №4. - 2008.

77. Патрон П.А. Государственный рынок в современной экономике. // США*Канада. Экономика – политика – Культура / Научн. и обществ.-политич. журнал Института США и Канады РАН. - №5 (450). - 2007. – С.49.

78. Инновационное развитие – основа модернизации экономики России. Национальный доклад. – М.: ИМЭМО РАН, ГУ-ВШЭ, 2008. – 168 с.

79. National Science Foundation. Strategic Plan “Investing in America’s Future”. FY 2006-2011. Arlington. Sept. 2006. – [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.nsf.gov>.

80. White Paper on Science and Technology 2008. MEXT, 2008. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : <http://www.mext.go.jp/English>.

¹81. The America COMPETES Act. 2007. - [Электронный ресурс] - Режим доступа : www.nsf.gov/policies.

82. The American Recovery and Reinvestment Act. 2009. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : www.nsf.gov/policies.
83. NSF Open Government Directive Plan. April 2010. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : http://www.nsf.gov/about/performance/strategic_plan.jsp.
84. A Strategy for American Innovation: Driving Towards Sustainable Growth and Quality Jobs. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.nationalacademies.org/step>.
85. [Електронний ресурс] - Режим доступу : www.nano.gov/html/about/history.html.
86. 21st Century Nanotechnology Research and Development Act, PL 108-153. 2003. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : www.nsf.gov/policies.
87. The National Nanotechnology Initiative. Strategic plan. National Science and Technology Council. December 2007. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : www.nano.gov.
88. [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.nano.gov/html/about/funding.html>
89. Програми та інструменти інноваційного розвитку економіки Європейського Союзу. Українські проєкції : Міжнар. конф., Київ, листоп. 2006 / Редкол.: Смертенко П.С., Коломієць О.В., Кінько Т.А. та ін. – К.: ФО-П Т.А.Кінько, 2006. - 64 с.
90. Steps in the Strategy: Strategic Planning and Programming. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/atwork/cycle/index>.
91. Communication from the Commission to the Spring European Council. Integrated Guidelines for Growth and Jobs (2008-2010)/Brussels, 11.12.2007. COM(2007) 803 final. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://europa.eu.int/growthandjobs/>
92. A Toolbox for Stronger Economic Governance in Europe. Memo/10/288. Brussels. 10 June 2010. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do>
93. Green Paper. The European Research Area: New Perspectives Brussels, 4.4.2007, COM(2007) 161 final. – [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/research/era>
94. 2020 ERA Vision. – [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/research/era>
95. Joint Research Centre Strategy 2010-2020: Summary. June 2010. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.jrc.ec.europa.eu>.
96. Joint Programming of Research. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : http://europa.eu/legislation_summaries/research_innovation/general.
97. Enabling our future: experts to advise Commission on upcoming technologies. Brussels, 11 July 2010. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/enterprise/sectors>.

98. Council Recommendations on broad Guidelines for the economic policies of the Member States and the Union. Part I of the Europe 2020 Integrated Guidelines. Brussels, Sec(2010) 488/3. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu>.

99. EuroNanoForum 2009 . Nanotechnology for Sustainable Economy. Conclusions. 2009. – [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://cordis.europa.eu/nanotechnology>

100. MEMO/10/339. – [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu/research>

101. Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. Brussels, 7.6.2005. COM(2005)243 final. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu>.

102. Report on Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009 (2006/2004(INI) Committee on Industry, Research and Energy. European Parliament. Session document. 22.6.2006. Final A60216/2006. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu>.

103. Nanosciences and nanotechnologies: An action plan for Europe 2005-2009. Second Implementation Report 2007-2009. Brussels, 29.10.2009. COM(2009)607 final. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://ec.europa.eu>.

104. Ex-post evaluation of NMP (FP6). Strategic impact, no revolution/ June 2010. - [Електронний ресурс] - Режим доступу : http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies

105. Рагуля, А.В., Крячек, В.М. Развитие нанонаук и нанотехнологий в Украине на перспективу до 2020 г. // Наука і наукознавство. – 2006. - № 3. – с. 43-49.

106. Нанотехнології – основа науково-технічної революції [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://naukainform.kpi.ua/Lists/List4/DispForm.aspx?ID=7>

107. Концепція цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України "Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій" на 2010-2014 рр. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/>

108. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://news.liga.net/news/N0936735.html>

109. Кваша, Т.К. Форсайтні дослідження в Україні / Т.К. Кваша // Матеріали міжнародного симпозіуму “Актуальні проблеми науково-технологічної та інноваційної політики в контексті формування загальноєвропейського наукового простору: досвід та перспективи” (Київ, 16-17 червня 2010 р.). – К.: Фенікс, 2010. – С. 353-357.

110. Кваша, Т.К. Державна програма прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008-2009 роки: підсумки 2008-го / Т.К. Кваша, Л.А. Мусіна, Т.В. Писаренко // Світ. – 2009. - №17-18.
111. Ямчук А.В., Кваша, Т.К. Результати виконання I етапу Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008-2012 роки / А.В. Ямчук, Т.К. Кваша // Матеріали П'ятої міжнародної науково-практичної конференції 2-3 квітня 2009 р. : Зб. наук. статей. - Львів: ЛВЦНТЕІ, 2009. - С. 70-74.
112. Кваша, Т.К. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій: європейський підхід / Т. К. Кваша, Н.В. Березняк, О.В. Фролова // Науково-технічна інформація. – 2009. - №3. – С.44-50.
113. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.nanonewsnet.ru/...rnold-popkov>
114. Перспективні напрями науково-технологічного та інноваційного розвитку України / НАНУ. Центр досліджень науково-технологічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва. – К., 2006. – 204 с.
115. Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про міжвідомчу науково-технічну програму "Нанофізика та наноелектроніка" від 14.04.2001 р. № 85-р - [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.portal.rada.gov.ua>
116. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <http://www.rbc.ua/ukr/newsline/2007/09/27/244741.shtml>
117. Фидаров, Т. Особенности коммерциализации научных разработок и технологий в ИСМ НАН Украины - [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.innovation.com.ua/pub/imagazine/article4_4.php
118. Закон України "Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій" // Відомості Верховної Ради України. – 2004. - № 32.
119. Международная украинско-российская научно-техническая программа "Нанофизика и нанoeлектроника". – [Електронний ресурс] : <http://www.nauka.kiev.ua>
120. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2010 р. № 1231 "Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки". - [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://www.kmu.gov.ua>
121. Ковальчук, М.В. Нанотехнологии – фундамент новой наукоёмкой экономики. Новые возможности СНГ в XXI веке / М.В. Ковальчук // Наука та інновації. – 2008. – Т.4, № 1. – С. 5-28.

Додаток 1
Перелік патентів на винаходи за напрямом
„Нанотехнології”, зареєстрованих у 2005–2009 рр.

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
74110	17.10.2005	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОКОМПОЗИЦІЙНОГО ФЕРОМАГНІТНОГО ПОРОШКУ
61826	16.10.2006	ВУГЛЕЦЕВИЙ МАТЕРІАЛ
77162	15.11.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ТЕХНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ АБО ВУГЛЕЦЕВІСНИХ СПОЛУК, ЯКІ МАЮТЬ ЗАДАНУ НАНОСТРУКТУРУ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ ТА ТЕХНІЧНИЙ ВУГЛЕЦЬ, ОДЕРЖАНИЙ ЦИМ СПОСОБОМ
67504	17.07.2006	СПОСІБ ЗДІЙСНЕННЯ ГАЗОФАЗНИХ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АЕРОЗОЛЬНИМ НАНОКАТАЛІЗОМ
64390	17.07.2006	СПОСІБ ТА РЕАКТОР ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ ГАЗОФАЗНИХ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ АЕРОЗОЛЬНИМ НАНОКАТАЛІЗОМ
75155	15.03.2006	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУРНИХ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ
77015	16.10.2006	ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ФОРМУВАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР
76810	15.09.2006	ФАРМАЦЕВТИЧНА КОМПОЗИЦІЯ АНТАГОНІСТА РЕЦЕПТОРА ТАХІКІНІНУ У ФОРМІ НАНОЧАСТИНОК
76889	15.09.2006	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ У СОНЯЧНІЙ ПЕЧІ
77107	16.10.2006	НАНОКРИСТАЛІЧНИЙ МАТЕРІАЛ З СТРУКТУРОЮ АУСТЕНІТНОЇ СТАЛІ, ЩО МАЄ ВИСОКУ ТВЕРДІСТЬ, МІЦНІСТЬ І КОРОЗІЙНУ СТІЙКІСТЬ, І СПОСІБ ЙОГО ВИГОТОВЛЕННЯ (ВАРІАНТИ)
77578	15.12.2006	НАНОКРИСТАЛІЧНИЙ МЕТАЛЕВИЙ МАТЕРІАЛ, ЩО МАЄ ВИСОКУ ТВЕРДІСТЬ, МІЦНІСТЬ І В'ЯЗКІСТЬ ТА СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНОГО МЕТАЛЕВОГО МАТЕРІАЛУ, СТАЛІ ТА ЧАВУНУ
77362	15.11.2006	СПОСІБ ПОКРИТТЯ ПОВЕРХНІ МАТЕРІАЛІВ НАНОЧАСТИНКАМИ ПЛАТИНИ
69291	12.11.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОВОЛОКОН З ГАЗОВОЇ ФАЗИ
69292	25.06.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК
80154	27.08.2007	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОСТРУКТУР
79767	25.07.2007	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРБІДОКРЕМНІЄВИХ НАНОВОЛОКОН
79638	10.07.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІВ НАПІВПРОВІДНИКІВ
78916	25.04.2007	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОВОЛОКОН НІТРИДУ КРЕМНІЮ
80349	10.09.2007	СПОСІБ ОБРОБКИ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ ПОРОШКІВ ТУГОПЛАВКИХ СПОЛУК В ПОТОЦІ ГАЗУ

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
80513	25.09.2007	ОДНОСТАДІЙНИЙ СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ СУСПЕНЗІЙ НАНОРОЗМІРНИХ ЧАСТОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВОДОРОЗЧИННИХ І ВОДОНЕРОЗЧИННИХ РІДИН ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ
80855	12.11.2007	СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУРНИХ МАТЕРІАЛІВ
80727	25.10.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ХІМІЧНО МОДИФІКОВАНИХ НАНОЧАСТИНОК ТРИСУЛЬФІДУ МОЛІБДЕНУ ТА ЙОГО ПОХІДНИХ (ВАРІАНТИ)
81168	10.12.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ
81169	10.12.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛУ ЕЛЕКТРОННО ПРОМЕНЕВИМ ВИПАРОВУВАННЯМ У ВАКУУМІ З НАСТУПНОЮ КОНДЕНСАЦІЄЮ НА ПІДКЛАДЦІ ТА УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ
80781	25.10.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МОНОКРИСТАЛІВ БЛАГОРОДНОГО МЕТАЛУ АБО ЙОГО СОЛІ НАНО- І/АБО МІКРОРОЗМІРІВ
83773	11.08.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОСТРУКТУР НА ОСНОВІ НАНОТЕМПЛАТИ З ДІОКСИДУ КРЕМНІЮ
82797	12.05.2008	ГІДРОЗОЛЬ НАНОЧАСТИНОК СРІБЛА
81534	10.01.2008	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОВОЛОКОН КАРБІДУ КРЕМНІЮ
84960	10.12.2008	ІНТЕРКАЛЬОВАНА ГЛИНА, СПОСІБ ЇЇ ОДЕРЖАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ У КОРМАХ ДЛЯ ТВАРИН, КОРМ ДЛЯ ТВАРИН, НАНОКОМПОЗИТИ НА ЇЇ ОСНОВІ
81588	10.01.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ ПОРОШКІВ ДИХАЛЬКОГЕНІДІВ МОЛІБДЕНУ
82448	10.04.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ІНКАПСУЛЬОВАНИХ НАНОПОРОШКІВ І УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ
84031	10.09.2008	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК У СОНЯЧНІЙ ПЕЧІ
83366	10.07.2008	ТЕРМОПЛАСТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ, ЩО МІСТИТЬ НАНОМЕТРИЧНІ ПЛАСТИНЧАСТІ СПОЛУКИ, СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ (ВАРІАНТИ) ТА ВИРІБ, ЩО ЙОГО МІСТИТЬ
81587	10.01.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ ПОРОШКІВ ДИХАЛЬКОГЕНІДІВ ВОЛЬФРАМУ
83532	25.07.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРА ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК З ГАЗОВОЇ ФАЗИ
83121	10.06.2008	ГІБРИДНІ ОРГАНІЧНО-НЕОРГАНІЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ ТА СПОСІБ ЇХ ОДЕРЖАННЯ
85098	25.12.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАГНІТНИХ ГРАФІТОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛ, ОДЕРЖАНИЙ ЦИМ СПОСОБОМ
85477	26.01.2009	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ КРЕМНІСВОЇ НАНОКЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
85768	25.02.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МОНОДИСПЕРСНИХ НАНОЧАСТИНОК
88174	25.09.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОПОРИСТОГО ВУГЛЕЦЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДІВ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ
87177	25.06.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОЧАСТИНОК ДЛЯ МАГНІТНИХ РІДИН ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИМ ВИПАРОВУВАННЯМ І КОНДЕНСАЦІЄЮ У ВАКУУМІ, СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МАГНІТНОЇ РІДИНИ Й МАГНІТНА РІДИНА, ЩО ОДЕРЖАНА ЦИМ СПОСОБОМ
87744	10.08.2009	КОМПОЗИЦІЯ, ЩО МІСТИТЬ НАНОЧАСТИНКИ ЗОЛОТА, ТА СПОСІБ ЇЇ ОДЕРЖАННЯ
87743	10.08.2009	КОМПОЗИЦІЯ, ЩО МІСТИТЬ НАНОЧАСТИНКИ СРІБЛА, ТА СПОСІБ ЇЇ ОДЕРЖАННЯ
87597	27.07.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКУ КОМПОЗИТУ ТВЕРДОГО РОЗЧИНУ КУБІЧНОГО $Ti1-xAlxN$
86322	10.04.2009	НАНОКАПСУЛА З ФУНКЦІЯМИ НАНОРОБОТА
87767	10.08.2009	НАНОКРИСТАЛІЧНІ ЛЮМІНОФОРИ НА ОСНОВІ ОКСІОРТОСИЛКАТУ ЛЮТЕЦІЮ, АКТИВОВАНОГО РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ, І ПЛІВКОВІ СЦИНТИЛЯТОРИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ
87791	10.08.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКУ ДІОКСИДУ ВАНАДІЮ
89136	25.12.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПОКРИТТЯ НА НЕРОЗЧИННИХ ОКСИДАХ І ГІДРОКСИДАХ МЕТАЛІВ НАНОЧАСТИНКАМИ БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
88427	12.10.2009	УСТАНОВКА ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ ТА МЕТАЛОЇДІВ
89007	10.12.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ ТА/АБО МЕТАЛОЇДІВ
89012	10.12.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОДИСПЕРСНИХ ОКСИДІВ

Додаток 2

**Перелік патентів на корисні моделі за напрямом „Нанотехнології”,
зареєстрованих у 2005–2009 рр.**

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
6747	16.05.2005	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР
5131	15.02.2005	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОДИСПЕРСНОГО СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ
10467	15.11.2005	СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ МАГНІТНОГО НАНОРОЗМІРНОГО СОРБЕНТУ ДЛЯ ІМУНОЛОГІЧНИХ І БІОХІМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
6547	16.05.2005	УСТАНОВКА ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ЧАСТКОВО ЗНЕСОЛЕНОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ
9175	15.09.2005	УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗМІЦНЕННЯ ТА НАНОСТРУКТУРИЗАЦІЇ ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ
10539	15.11.2005	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ВОДОРОЗЧИННОЇ БАКТЕРИЦИДНОЇ КОМПОЗИЦІЇ, ЩО МІСТИТЬ НАНОЧАСТКИ СРІБЛА
11169	15.12.2005	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ І СТРУКТУР НА ЇХ ОСНОВІ
19650	15.12.2006	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЧИСТИХ НАНОДИСПЕРСНИХ ПОРОШКІВ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ
18236	15.11.2006	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ОРІЄНТОВАНИХ НАНОКРИСТАЛІВ А ІV В VI НА СЛЮДІ
18235	15.11.2006	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ОРІЄНТОВАНИХ НАНОКРИСТАЛІВ
11728	16.01.2006	СПОСІБ ВВЕДЕННЯ НАНОПОРОШКІВ ДО АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ
14793	15.05.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРА РЕАКЦІЇ ОКИСНЕННЯ СО НА ОСНОВІ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ОКСИДІВ 3D-МЕТАЛІВ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК
17387	15.09.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК З ГАЗОВОЇ ФАЗИ
17386	15.09.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ ХІМІЧНОГО ОСАДЖЕННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК З ГАЗОВОЇ ФАЗИ
16095	17.07.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КОМПОЗИЦІЇ, ЩО МІСТИТЬ НАНОЧАСТИНКИ ЗОЛОТА
16954	15.09.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ТРИКОМПОНЕНТНИХ ГІБРИДНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ ТИПУ ГІСТЬ-ХАЗЯЇН НА ОСНОВІ V2O5
12204	16.01.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ АЛМАЗУ
16318	15.08.2006	ГІБРИДНИЙ НАНОКОМПОЗИТНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ КАТОДА ЛІТІЄВОГО І ЛІТІЙ-ІОННОГО АКУМУЛЯТОРІВ
15733	17.07.2006	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ
17038	15.09.2006	СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ МАГНІТНОГО СОРБЕНТУ НА

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
		ОСНОВІ ПОРИСТИХ МАТРИЦЬ З ІНКОРПОРОВАНИМИ МАГНІТНИМИ НАНОЧАСТИНКАМИ
14794	15.05.2006	НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИЙ КАТАЛІЗАТОР ДЛЯ РЕАКЦІЇ ОКИСНЕННЯ СО, ЩО СКЛАДАЄТЬСЯ З ОКСИДНОЇ Cu-Co-Fe СИСТЕМИ ТА ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК
26019	27.08.2007	БІМОРФНИЙ П'ЄЗОЕЛЕМЕНТ СКАНЕРА НАНОМІКРОСКОПІВ
26610	25.09.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ МОДИФІКОВАНОГО НАНОЧАСТКАМИ МЕТАЛІВ ВУГЛЕЦЕВОГО МАТЕРІАЛУ
27080	10.10.2007	КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН НАНОЧАСТОК МЕТАЛУ АБО СУМІШІ МЕТАЛІВ
27081	10.10.2007	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙНОЇ ПОЛІМЕРНОЇ НИТКИ З НАНОЧАСТКАМИ СРІБЛА І МІДІ
23304	25.05.2007	КРЕМ С НАНОДИСПЕРСНИМ СРІБЛОМ
20857	15.02.2007	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО НАНОСТРУКТУРНОГО МАТЕРІАЛУ
23962	11.06.2007	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕТАЛЕВИХ НАНОПОРОШКІВ В АМОРФНОМУ СТАНІ
23958	11.06.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ МЕТАЛЕВИХ НАНОПОРОШКІВ В АМОРФНОМУ СТАНІ
24393	25.06.2007	ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ
24391	25.06.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ
25164	25.07.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТОК
26168	10.09.2007	СПОСІБ НАНЕСЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ ОКСИДНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ 3d-МЕТАЛІВ НА ВУГЛЕЦЕВІ НАНОТРУБКИ ПРИ СИНТЕЗІ КАТАЛІЗАТОРІВ РЕАКЦІЇ ОКИСНЕННЯ СО
21463	15.03.2007	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ МІКРОПОРОШКІВ, СУБМІКРОПОРОШКІВ ТА НАНОПОРОШКІВ АЛМАЗУ
26689	10.10.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ОРІЄНТОВАНИХ НАНОКРИСТАЛІВ AlV BVІ НА ВІДКОЛАХ NaCl
26608	25.09.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТОК МЕТАЛІВ
28586	10.12.2007	СПОСІБ АКУМУЛЯЦІЇ ЕНЕРГІЇ "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ АКУМУЛЯЦІЇ ЕНЕРГІЇ"
28742	25.12.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУРОВАНОГО ЕЛЕКТРОХРОМНОГО МАТЕРІАЛУ
28083	26.11.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ АГЛОМЕРАТІВ КОЛОЇДНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТОК
28904	25.12.2007	ВИСОКОКООРДИНАЦІЙНИЙ ХЕЛАТНИЙ АКВАКОМПЛЕКС НАНОМЕТАЛУ
27411	25.10.2007	КОМПОЗИЦІЙНА ПОЛІМЕРНА НИТКА З НАНОЧАСТКАМИ СРІБЛА І МІДІ
28910	25.12.2007	НАНОМАТЕРІАЛ З БІОЦИДНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ "ШУМЕРСЬКЕ СРІБЛО"

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
28222	26.11.2007	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОМАТЕРІАЛУ З БІОЦИДНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ "ШУМЕРСЬКЕ СРІБЛО"
28901	25.12.2007	НЕІОННИЙ КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛУ АБО СУМІШІ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ У ВОДІ
28902	25.12.2007	КОЛОЇДНА МЕТАЛЕВА НАНОЧАСТИНКА
28909	25.12.2007	АКВАНАНОКОБАЛЬТ
27410	25.10.2007	НАНОГАЛЬВАНІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ
28944	25.12.2007	СПОСІБ ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВОГО ОТРИМАННЯ МЕТАЛУ ОСОБЛИВОЇ ЧИСТОТИ "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ РАФІНУВАННЯ МЕТАЛІВ"
29006	25.12.2007	АГЛОМЕРАТ КОЛОЇДНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК
29007	25.12.2007	НАНОГАЛЬВАНІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ
29104	10.01.2008	ТОЧКОВО-КОНТАКТНИЙ ГАЗОВИЙ СЕНСОР
29280	10.01.2008	АКВАХЕЛАТ НАНОМЕТАЛУ
29705	25.01.2008	СКЛАД ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ НІКЕЛЮ З ДОБАВКАМИ НАНОРОЗМІРНИХ НІТРИДІВ
29281	10.01.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ АКВАХЕЛАТУ НАНОМЕТАЛУ
29686	25.01.2008	СПОСІБ ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВОГО ОЧИЩЕННЯ СИЛЬНОЗАБРУДНЕНИХ СТІЧНИХ ВОД "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ"
29395	10.01.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КАТАЛІЗАТОРІВ ДЛЯ СИНТЕЗУ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК З ВИСОКОЮ ЧИСТОТОЮ
29447	10.01.2008	КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН НАНОМЕТАЛІВ АБО СУМІШІ НАНОМЕТАЛІВ
29450	10.01.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК"
29448	10.01.2008	ПОЛІМЕТАЛЕВИЙ ХЕЛАТНИЙ АКВАНАНОКОМПЛЕКС
29858	25.01.2008	ВИСОКОКООРДИНАЦІЙНИЙ АНІОНОПОДІБНИЙ АКВАНАНОКОМПЛЕКС
29856	25.01.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ АКВАХЕЛАТІВ НАНОМЕТАЛІВ "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ АКВАХЕЛАТІВ НАНОМЕТАЛІВ"
29852	25.01.2008	АКВАХЕЛАТ НАНОМЕТАЛУ
29854	25.01.2008	ВИСОКОКООРДИНАЦІЙНИЙ АНІОНОПОДІБНИЙ АКВАНАНОКОМПЛЕКС
29855	25.01.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ НАНОЧАСТИНОК "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ НЕГАТИВНО ЗАРЯДЖЕНИХ НАНОЧАСТИНОК"
29893	25.01.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ НАНОЧАСТИНОК СУЛЬФІДУ КАДМІЮ ДЛЯ ЛЮМІНОФОРІВ
29896	25.01.2008	НАНОДОБАВКА ДО АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ
31043	25.03.2008	СПОСІБ ОБРОБКИ РІДИНИ ІОНАМИ І

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
		НАНОЧАСТИНКАМИ МЕТАЛІВ "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ РІДИНИ ІОНАМИ І НАНОЧАСТИНКАМИ МЕТАЛІВ"
29895	25.01.2008	НАНОБЕТОН
30739	11.03.2008	НАНОДОБАВКА ДО АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ АБО ДО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА
30741	11.03.2008	НАНОКОМПОЗИЦІЯ ВОДНО-ПАЛИВНОЇ ЕМУЛЬСІЇ
32126	12.05.2008	ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ І РОЗМІРІВ НАНОЧАСТИНОК КОЛОЇДНОГО РОЗЧИНУ
31054	25.03.2008	СПОСІБ ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ БЕТОНУ"
30868	11.03.2008	УНІВЕРСАЛЬНИЙ НАНОМОДИФІКАТОР
35732	10.10.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР
31939	25.04.2008	ФТОРОВАННИЙ НАНОКОМПОЗИТ З ПІДВИЩЕНОЮ ДЕФОРМАЦІЙНОЮ МІЦНІСТЮ
32259	12.05.2008	МЕТОД ФОРМУВАННЯ ПОРИСТИХ МАГНІТНИХ КОМПОЗИТІВ, ЩО МІСТЯТЬ ГОМО- ТА ГЕТЕРОМЕТАЛІЧНІ НАНОЧАСТИНКИ ОКСИДІВ 3d МЕТАЛІВ В ПОРИСТИХ МАТРИЦЯХ, ШЛЯХОМ ТЕРМІЧНОГО АБО МІКРОХВИЛЬОВОГО РОЗКЛАДУ ПОЛІАДЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ В РОЗЧИНАХ З ВИСОКОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ КИПІННЯ
31244	25.03.2008	ГОРІЛКА З НАНОЧАСТИНКАМИ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ
32615	26.05.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОМОДИФІКОВАНОГО БЕТОНУ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ БЕТОНУ"
32638	26.05.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР
32614	26.05.2008	НАНОДИСПЕРСНИЙ РОЗЧИН
32616	26.05.2008	НАНОМОДИФІКОВАНИЙ БЕТОН
32794	26.05.2008	АНТИМІКРОБНА ШОВНА ХІРУРГІЧНА НИТКА З НАНОЧАСТИНКАМИ СРІБЛА І МІДІ
32817	26.05.2008	КУРИЛЬНА СУМІШ З НАНОЧАСТИНКАМИ БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
32818	26.05.2008	НИЗЬКОТОКСИЧНА СИГАРЕТА З НАНОЧАСТИНКАМИ БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
32816	26.05.2008	НАНОМОДИФІКОВАНИЙ ПАПІР З АНТИМІКРОБНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
33765	10.07.2008	ВОДНИЙ КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ
33764	10.07.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ
33766	10.07.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ
33791	10.07.2008	ГІДРАТОВАНІ НАНОЧАСТИНКИ
33793	10.07.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ГІДРАТОВАНИХ НАНОЧАСТИНОК "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ГІДРАТОВАНИХ НАНОЧАСТИНОК"
33790	10.07.2008	СПОСІБ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ПЛАВАЛЬНОГО БАСЕЙНУ НАНОЧАСТИНКАМИ БЛАГОРОДНИХ

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
		МЕТАЛІВ
33797	10.07.2008	КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН ГІДРАТОВАНИХ НАНОЧАСТИНОК
33855	10.07.2008	ВОДНА ДИСПЕРСІЯ НАНОЧАСТИНОК
34487	11.08.2008	АКВАНАНОМАГНІЙ
34486	11.08.2008	ПРЕПАРАТ "НАНОМАГНІЙ", ЩО ПРИСКОРЮЄ РАНОЗАГОЄННЯ
34145	25.07.2008	МАГНІТНІ НАНОЧАСТИНКИ
33858	10.07.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ МАГНІТНОЇ НАНОДИСПЕРСІЇ
33859	10.07.2008	МАГНІТНА НАНОДИСПЕРСІЯ
33864	10.07.2008	ЙОДНИЙ ПРЕПАРАТ З НАНОЧАСТИНКАМИ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ
34566	11.08.2008	СПОСІБ ДЕЗІНФЕКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОЧАСТИНОК БАКТЕРИЦИДНИХ МЕТАЛІВ
34567	11.08.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ФУЛЕРЕНІВ "ЕРОЗІЙНО-ВИБУХОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ФУЛЕРЕНІВ"
35582	25.09.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ГІДРАТОВАНИХ І КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК "ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ГІДРАТОВАНИХ І КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК"
35581	25.09.2008	НАНОДИСПЕРСІЯ ГІДРАТОВАНИХ І КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК З АНТИОКСИДАНТНОЮ ВЛАСТИВІСТЮ
35580	25.09.2008	ГІДРАТОВАНА І КАРБOTOВАНА НАНОЧАСТИНКА
36422	27.10.2008	СПОСІБ ВПЛИВУ НА ФАЗОРОЗШАРОВАНУ НАНОСТРУКТУРУ МАНГАНІТІВ
35105	26.08.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК
35106	26.08.2008	ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ І РОЗМІРІВ НАНОЧАСТИНОК КОЛОЇДНОГО РОЗЧИНУ
35107	26.08.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОДИСПЕРСІЇ ГІДРАТОВАНИХ І КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК
36076	10.10.2008	УНІВЕРСАЛЬНА МІКРОЕЛЕМЕНТНА ДОБАВКА НА ОСНОВІ ГІДРАТОВАНИХ І КАРБOTOВАНИХ НАНОЧАСТИНОК БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ
34568	11.08.2008	ГІДРАТОВАНИЙ ФУЛЕРЕН
36855	10.11.2008	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРУКТУР „КРКМНІЙ-НА-ІЗОЛЯТОРІ”
37278	25.11.2008	СПОСІБ МОДИФІКАЦІЇ ПОТУЖНИМ ЛАЗЕРНИМ ОПРОМІНЕННЯМ НАНОПОРИСТОГО ВУГЛЕЦЮ
37778	10.12.2008	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАНОРОЗМІРНИХ ПЛІВОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ ПОЛІМЕРІВ
38109	25.12.2008	СПОСІБ КЕРУВАННЯ ЕФЕКТОМ САМООРГАНІЗАЦІЇ ФРАКТАЛЬНИХ НАНОСТРУКТУР ПРИ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНІЙ АБЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ ФРАКТАЛІВ"
37413	25.11.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОКЛАСТЕРІВ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
		НАНОКЛАСТЕРНИХ СТРУКТУР"
37412	25.11.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ "ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА АБЛЯЦІЯ"
37790	10.12.2008	СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТРУКТУР ХОРІАЛЬНОГО ДЕРЕВА ПЛАЦЕНТИ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМ МЕТОДОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЧАСТИНОК НАПІВМАГНІТНОГО НАПІВПРОВІДНИКА
38138	25.12.2008	НАНОРІДИНА ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ У ДОВКІЛЛІ ЗБУДНИКІВ ІНВАЗІЙНИХ ХВОРОБ ТВАРИН
37871	10.12.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ НАНОЧАСТИНОК "НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ НАНОЧАСТИНОК"
37872	10.12.2008	НАНОРІДИНА З АНТИОКСИДАНТНОЮ ВЛАСТИВІСТЮ НА ОСНОВІ НАНОЧАСТИНОК БІОГЕННИХ І БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
37870	10.12.2008	ЕНЕРГОНАСИЧЕНА НАНОРІДИНА
37874	10.12.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОРІДИНИ З АНТИОКСИДАНТНОЮ ВЛАСТИВІСТЮ НА ОСНОВІ НАНОЧАСТИНОК БІОГЕННИХ І БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ АНТИОКСИДАНТІВ"
37873	10.12.2008	ЕНЕРГОНАСИЧЕНА МЕТАЛЕВА НАНОЧАСТИНКА
37521	25.11.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОРІДИНИ ДЛЯ ДЕЗІНВАЗІЇ
37544	25.11.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК І КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК "АБЛЯЦІЙНА НАНОТЕХНОЛОГІЯ"
37545	25.11.2008	СПОСІБ АКУМУЛЯЦІЇ ЕНЕРГІЇ НАНОЧАСТИНКАМИ МЕТАЛІВ
37546	25.11.2008	АГЛОМЕРАТ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК
37547	25.11.2008	ЕКСПРЕС-МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ І РОЗМІРІВ НАНОЧАСТИНОК КОЛОЇДНОГО РОЗЧИНУ
38229	25.12.2008	НАНОРІДИНА "ДОРОГОЦІННИЙ ТРИКУТНИК"
38230	25.12.2008	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ "ПЛАЗМОВА АБЛЯЦІЯ"
38846	26.01.2009	УСТАНОВКА ДЛЯ НАНЕСЕННЯ НАНОМЕТРИЧНИХ ПОКРИТТІВ З ПЕРІОДИЧНОЮ СТРУКТУРОЮ
38613	12.01.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНОЇ НАНОРІДИНИ
39122	10.02.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОСТРУКТУРНИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ
39127	10.02.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОКРИСТАЛІВ AlVbVI НА СКЛЯНИХ ПІДКЛАДКАХ
38482	12.01.2009	НАНОГАЛЬВАНІЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ
38481	12.01.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ АГЛОМЕРАТІВ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК
45625	25.11.2009	СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАЯВНОСТІ І КОНЦЕНТРАЦІЇ

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
		НАНОЧАСТИНОК В РОБОЧІЙ ЗОНІ
38397	12.01.2009	СПОСІБ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ
38398	12.01.2009	НАНОКОРЕКТОР МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ НА ОСНОВІ НАНОЧАСТИНОК БІОГЕННИХ І БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
38393	12.01.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОКОРЕКТОРА МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДИНИ, ТВАРИН, РОСЛИН
38389	12.01.2009	КОЛОЇДНИЙ РОЗЧИН МЕТАЛЕВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ
38391	12.01.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КАРБОКСИЛАТІВ МЕТАЛІВ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ КАРБОКСИЛАТІВ МЕТАЛІВ"
38392	12.01.2009	СПОСІБ НАНОКОРЕКЦІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ЛЮДИНИ, ТВАРИН, РОСЛИН
38390	12.01.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ, ОКСИДІВ МЕТАЛІВ, ГІДРОКСИДІВ МЕТАЛІВ І ІОНІВ МЕТАЛІВ
38384	12.01.2009	СПОСІБ ФІТОНАНОТЕРАПІЇ
38385	12.01.2009	СКЛАД ДЛЯ ФІТОНАНОТЕРАПІЇ
38379	12.01.2009	КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАСТИЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ З НАНОДИСПЕРСНИМИ ЧАСТИНКАМИ
39702	10.03.2009	ГОРІЛКА З НАНОЧАСТИНКАМИ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ДОРОГОЦІННИХ МЕТАЛІВ
39392	25.02.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КАРБОКСИЛАТІВ ХАРЧОВИХ КИСЛОТ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЇ
39703	10.03.2009	НАНОДОБАВКА ДО АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ
39393	25.02.2009	СПОСІБ ДЕЗІНФЕКЦІЇ ПРИМІЩЕНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НАНОЧАСТИНОК БАКТЕРИЦИДНИХ МЕТАЛІВ
39397	25.02.2009	НАДЧИСТИЙ ВОДНИЙ РОЗЧИН НАНОКАРБОКСИЛАТУ МЕТАЛУ
39407	25.02.2009	НАНОРІДИНА ДЛЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЗБУДНИКІВ ІНВАЗІЙНИХ ХВОРОБ
40054	25.03.2009	НАНОМОДИФІКОВАНИЙ ПАПІР З АНТИМІКРОБНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
39443	25.02.2009	НАНОПРЕПАРАТ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЛІКУВАЛЬНОЇ ДІЇ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ХВОРОБ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН І ПТИЦІ
39783	10.03.2009	СПОСІБ ЗБАГАЧЕННЯ ПІДГОДІВЛІ ДЛЯ БДЖІЛ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ ПІДГОДІВЛІ ДЛЯ БДЖІЛ"
39787	10.03.2009	СПОСІБ ГОДУВАННЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ "НАНОТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ"
39824	10.03.2009	НАНОМОДИФІКОВАНЕ ЖИВИЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКОБАКТЕРІЙ
39507	25.02.2009	СПОСІБ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКОБАКТЕРІЙ, ЩО ПОВІЛЬНО РОСТУТЬ, "НАНОТЕХНОЛОГІЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКОБАКТЕРІЙ"

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
40152	25.03.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОЧАСТИНОК ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ, НАНОЧАСТИНОК ЇХ ОКСИДІВ І ГІДРОКСИДІВ "ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА АБЛЯЦІЯ"
40157	25.03.2009	СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ НАНОКРИСТАЛІЗАЦІЇ У АМОРФНИХ МЕТАЛЕВИХ СПЛАВАХ
39868	10.03.2009	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНТНОЇ КРЕМНІЄВОЇ НАНОКЛАСТЕРНОЇ СТРУКТУРИ
42010	25.06.2009	ГІГІЄНІЧНИЙ ВИРІБ З НАНОЧАСТИНКАМИ БЛАГОРОДНИХ МЕТАЛІВ
40811	27.04.2009	СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ НАНОДИСПЕРСНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ
41750	10.06.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР
43859	10.09.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР
44891	26.10.2009	ПОЛІМЕРНА КОМПОЗИЦІЯ З НАНОКОМПОНЕНТАМИ
41561	25.05.2009	ГІДРОФІЛЬНА МЕТАЛЕВА НАНОЧАСТИНКА
41562	25.05.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ГІДРОФІЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК
42488	10.07.2009	ГІБРИДНИЙ НАНОКОМПОЗИТ З ФОТОВОЛЬТАІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ
42154	25.06.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУР НА ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
42155	25.06.2009	ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ СТРУКТУР ВИСОКОШВИДКІСНИМ ТЕРТЯМ
46366	25.12.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ВОДОРОЗЧИННОЇ БАКТЕРИЦИДНОЇ КОМПОЗИЦІЇ, ЩО МІСТИТЬ НАНОЧАСТИНКИ СРІБЛА
44140	25.09.2009	МЕТАЛЕВА НАНОЧАСТИНКА
44139	25.09.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ ГІДРОФІЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК "ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА АКВАНАНОТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ГІДРОФІЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ НАНОЧАСТИНОК"
44141	25.09.2009	БІОЛОГІЧНО АКТИВНА НАНОДИСПЕРСІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПРИГНІЧЕННЯ ПАТОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ І СТИМУЛЮВАННЯ БІОГЕННОЇ МІКРОФЛОРИ
43032	27.07.2009	МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВІ НАНОКАРБОКСИЛАТІВ БІОГЕННИХ МЕТАЛІВ ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ ЩОДЕННОГО ВЖИТКУ, ВИРОБНИЦТВА ДІСТИЧНИХ ДОБАВОК, ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ ТА ПРОДУКТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ДІСТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
43714	25.08.2009	РЕАКТОР ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОСТРУКТУР
43415	10.08.2009	СПОСІБ АКТИВАЦІЇ МЕТАБОЛІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИНТЕЗУ БІЛКІВ В ЖИВИХ ОРГАНІЗМАХ "КОМПЛЕКСНИЙ БІОФІЗИЧНО-БІОХІМІЧНИЙ НАНОСТИМУЛЮВАЛЬНИЙ ЕФЕКТ БОРИСЕВИЧА-КАПЛУНЕНКА-КОСІНОВА"

№ патенту	Дата реєстрації	Назва
42371	25.06.2009	СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ В ПОВІТРІ НАНОЧАСТОК СРІБЛА
44272	25.09.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ МЕТАЛІВ З НАНОСТРУКТУРОЮ ІЗ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ
44662	12.10.2009	НАНОМОДИФІКОВАНЕ ЖИВИЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ БОРИСЕВИЧА-КАПЛУНЕНКА-КОСІНОВА
45028	26.10.2009	СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КЛІТИН КУПФЕРА ЛЮМІНЕСЦЕНТНИМ МЕТОДОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЧАСТИНОК НАПІВМАГНІТНОГО НАПІВПРОВІДНИКА
45050	26.10.2009	ТОЧКОВО-КОНТАКТНИЙ ГАЗОВИЙ СЕНСОР
45130	26.10.2009	СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ ПРОВІДНИХ НАНОСТРУКТУР
45468	10.11.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОВІСКЕРІВ ГЕРМАНІЮ
46180	10.12.2009	СПОСІБ СТВОРЕННЯ НАНОРЕАКТОРА ДЛЯ СИНТЕЗУ SiC
46533	25.12.2009	СПОСІБ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ НАНОЧАСТИНОК
45880	25.11.2009	КОМПОЗИЦІЙНА НАНОЧАСТИНКА

Додаток 3. Перелік наукових проектів Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010 рік

№ з/п	№ проекту	Назва наукового проекту	Виконавець наукового проекту
1.	1.1.1.1	Розробка фізичних принципів керованого формування двовимірних наноструктур на основі органічних молекул та металічних наночастинок	Інститут фізики НАН України
2.	1.1.8.5	Дослідження магнітних та магнітотransпортних властивостей наноматеріалів та наноструктур з метою їх застосування у приладах спінтроніки та запам'ятовуючих пристроях	Інститут магнетизму НАН та МОН України
3.	1.1.3.11	Фемтооптика наночастинок шляхетних металів, напівпровідників та фулеренвмісних органічних сполук	Інститут фізики НАН України
4.	1.1.4.13	Розробка та дослідження нових механізмів керування механічним рухом атомів, молекул, наночастинок у градієнтних стаціонарних та імпульсних лазерних полях та розробка на їх основі нових технологій наноінженерії	Інститут фізики НАН України
5.	1.1.1.14	Моделювання зарядового, орбітального та магнітного впорядкування на нанорівні в сильно корельованих оксидах перехідних металів та сполуках на основі Yb	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
6.	1.1.3.17	Теоретичні та експериментальні дослідження резонансного збудження поверхневих хвиль у напів- та надпровідникових періодичних наноструктурах та визначення можливостей створення на цій основі нанофотонних та нанoeлектронних пристроїв. Розроблення дослідного зразка фільтру субміліметрового діапазону	Радіоастрономічний інститут НАН України
7.	1.1.7.18	Дослідження надвисокочастотних властивостей напівпровідникових наноструктур з просторовим переносом гарячих носіїв, що забезпечують виникнення від'ємної диференційної провідності (ВДП), підсилення (генерацію) електромагнітного випромінювання	Інститут фізики НАН України
8.	1.1.8.20	Фізичні основи технології формування гетерогенних наноструктур для потреб спінтроніки на основі напівметалевих феромагнетиків	Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України
9.	1.1.6.38	Створення органічних наноструктур на основі нелінійної анізотропної фотоселекції молекул бактеріородопсину та їх практичне використання	МЦ "Інститут прикладної оптики" НАН України
10.	1.1.1.44	Вплив нанорозмірних структур інкорпорованої води на фізичні властивості водовмістких вуглецевих нанотрубок	Інститут ядерних досліджень НАН України
11.	1.1.1.7	Фізико-хімічний механізм низькотемпературного вакуумно-дугового синтезу наноструктурних твердих покриттів на поверхні алюмінієвих сплавів	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

12.	1.1.1.33	Дослідження електронних та механічних властивостей вуглецевих наноматеріалів для створення електромеханічних космічних приладів	Інститут космічних досліджень НАН та НКА України
13.	1.1.7.30	Дослідження та розробка автоемісійних катодів на основі регулярних ансамблів нанодротин кремнію в діелектричних матрицях та емісійних резонансно-тунельних структур	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
14.	1.1.3.2	Дослідження оптичних та нелінійно-оптичних властивостей нано-систем на основі шляхетних металів та напівпровідників: розвиток нових високочутливих методів дослідження і діагностики подібних наноструктур	Інститут фізики НАН України
15.	1.1.3.27	Розробка та дослідження нанорозмірних структур одновимірних магнітофотонних кристалів	Інститут магнетизму НАН України та МОН України
16.	1.1.3.8	Дослідження методами сингулярної оптики оптичних властивостей наноматеріалів на основі рідкокристалічних середовищ з вуглецевими нанотрубками та іншими наночастинками з метою визначення та вивчення механізму їх взаємодії з електромагнітним випромінюванням, в тому числі процесів генерації оптичних вихорів, розробка методів комплексної діагностики і сертифікації наноматеріалів, визначення часових змін їх характеристик	Інститут фізики НАН України
17.	1.1.1.3	Вплив домішок на енергетичний спектр, електричні та оптичні властивості вуглецевих нанотрбок та графену	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
18.	1.1.5.21	Надпровідні екситонні системи з рекордними параметрами на основі графену	Інститут монокристалів НАН України
19.	1.1.1.31	Дослідження механізму керованого формування об'ємного нанокристалічного стану титану з метою розроблення фізичних основ технології виготовлення нових функціональних наноматеріалів	Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України
20.	1.1.1.48	Дослідження високочастотної втоми нанокластерного металевого скла	Національний науковий центру "Харківський фізико-технічний інститут"
21.	1.1.3.45	Фундаментальне математичне та чисельне дослідження оптичних електромагнітних полів одиничних та зв'язаних мікрорезонаторних лазерів з нанорозмірними активними шарами, нитками та стрічками	Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України
22.	1.1.3.10	Наноструктури в плівках двовимірних надпровідних купратів, допованих наночастинками, їх вплив на електротransпортні властивості біаксіально-впорядкованих наноструктурованих високотемпературних надпровідників (ВТНП), взаємодія квантів магнітного потоку з наночастинками різної вимірності в плівках ВТНП та розробка довгомірних ВТНП матеріалів з високою критичною температурою (Tс « 90 К) та високою густиною критичного струму (> 106 А/см2) при 78 К для безвтратних електромереж України	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
23.	2.2.9.1	Розроблення методів інтерференційної нанолітографії для формування рельєфно-	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.

		фазових наноструктур з використанням вакуумних фоторезистів	Лашкарьова НАН України
24.	2.2.13.2	Розробка фізико-технологічних основ виготовлення компонентів наноелектронних АЗІМ-приладів для оптоелектроніки та НВЧ-техніки	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
25.	2.2.2.12	Розробка пристроїв оптоелектроніки на багатошарових епітаксійних наноструктурах сполук SiGe, їх оксидів та рідкоземельних елементів	Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України
26.	2.2.12.20	Розробка нанодисперсних катодоліумінофорів на основі перовскитних віртуальних сегнетоелектриків	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України
27.	2.2.3.21	Розроблення лазерних методів формування композитних плазмонних наноструктур	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
28.	2.2.7.27	Функціональні біонаноматеріали для медичної діагностики онкологічних захворювань	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
29.	2.2.15.28	Розроблення нанотехнологій виготовлення наноструктурованих кремній-карбонізованих матеріалів та розроблення на їх основі світловипромінюючих елементів у широкому діапазоні довжини хвиль	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
30.	2.2.6.34	Розроблення технології створення нанорозмірних германієвих структур на підкладках GaAs та Si для виготовлення на їх основі електронних приладів	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
31.	2.2.1.14	Розробка методик формування наноструктурованих об'єктів на поверхні напівпровідників типу A ² B ⁶ методами хімічного травлення та колоїдного синтезу в розчинах, впровадження їх в твердотільні матриці і дослідження оптичних та електрофізичних властивостей	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
32.	2.2.6.15	Розроблення технології нанорозмірних структур з плівками германію та його сполук з кремнієм і арсенідом галію на підкладках GaAs та Si для виготовлення на їх основі електронних приладів	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
33.	2.2.8.5	Розроблення базових нанотехнологій створення активних елементів джерел НВЧ-випромінювання в терагерцовому діапазоні на основі напівпровідникових структур A ³ B ⁵ з наноструктурними буферними шарами і структурованими дифузійними бар'єрами	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
34.	2.2.11.31	Розроблення нанотехнологій створення наноструктур методом сканувальної зондової мікроскопії з електропровідним алмазним вістрям	Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
35.	2.2.12.16	Розроблення технології одержання оптичної нанокераміки на основі гранатів та інших оксидних сполук, активованих рідкісноземельними іонами для лазерної і сцинтиляційної техніки	Інститут монокристалів НАН України
36.	2.3.3.4	Розроблення фізико-технологічних основ нанотехнологій виготовлення високоефективних діодів Ганна терагерцового діапазону на основі фосфідіндієвих епітаксійних структур з вбудованими буферними «еластичними» нанопористими	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

		шарами	
37.	2.3.4.22	Розробка технології та дослідження підсилення і генерації суб-терагерцового та терагерцового випромінювання з використанням нанорозмірних напівпровідникових структур на основі сполук нітридів групи ІІІ	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
38.	2.3.1.3	Розроблення нанотехнологій виготовлення елементної бази НВЧ пристроїв для діапазону частот 200-600 ГГц.	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
39.	2.4.1.17	Розробка технології одержання захисних високоомних шарів нанокристалічного карбіду кремнію для підвищення надійності твердотільних потужних приладів діапазону надвисоких частот	Інститут монокристалів НАН України
40.	2.4.3.30	Розробка технології осадження плівок нанокристалічного карбіду кремнію для виробництва високостабільних сенсорів температури на їх основі	Інститут монокристалів НАН України
41.	2.4.4.23	Розроблення плазмової технології осадження наноструктурованих шарів нітридів алюмінію та бору для захисту поверхні НВЧ приладів	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
42.	3.5.3.4	Розроблення методу надчутливої поверхнево-плазмонно-підсиленої діагностики молекулярних, біологічних і колоїдних наносистем для потреб каталізу, медицини, фармакології та захисту навколишнього середовища	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
43.	3.5.2.6	Розроблення та розвиток методів субмікронного топографування та паспортизації хімічного складу, структурної досконалості, електрофізичних параметрів та розподілу механічних напружень у наноструктурах електроніки і оптоелектроніки	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
44.	3.5.4.8	Розроблення новітніх методів механічної та електростатичної нанозондової літографії і наноманіпуляцій для потреб нанoeлектроніки і нанобіосенсорики	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
45.	3.5.1.12	Розроблення апаратури для високороздільної рентгенівської діагностики наноматеріалів, наноструктур та аморфних сплавів	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
46.	3.5.1.14	Створення рентгенівського дифракто-топографа-рефлектометра для косонесиметричної геометрії дифракції з урахуванням дифузного розсіювання та шорсткості профільованих поверхонь, зокрема, на ковзних променях для неруйнівної селективної за глибиною та багатопроєкційної діагностики виробів нанотехнологій	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
47.	3.5.1.21	Розробка методів і комп'ютеризованого обладнання для електрофізичного діагностування елементів нанокристалічної пам'яті	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
48.	3.5.5.23	Розроблення методів діагностики деградаційних процесів та прогнозування надійності наноструктурованих матеріалів і нанорозмірних структур при їх використанні в екстремальних умовах	Інститут фізики НАН України
49.	3.5.1.24	Розвиток нових методів діагностики наноматеріалів і наноструктур з використанням стаціонарних та імпульсних лазерних полів	Інститут фізики НАН України

50.	3.5.1.28	Розроблення та розвиток сертифікованих методик мас-спектроскопічної діагностики наноматеріалів, наноструктур та аморфних сплавів	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
51.	3.5.1.30	Створення методу та апаратури для рентгено-ультраакустичної експресної багатопараметричної діагностики наносистем	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
52.	3.5.1.16	Розроблення джерел рентгенівського випромінювання з високою яскравістю та створення на їх основі лабораторних установок для реалізації методів мікро рентгенофлуоресцентного аналізу, мікро рентгенівської дифракції, рентгенівської комп'ютерної мікротомографії	Інститут прикладної фізики НАН України
53.	3.6.1.10	Створення випробувальної лабораторії скануючої зондової мікроскопії	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
54.	3.6.3.13	Створення підрозділу дифузодинамічної комбінованої дифрактометрії (ДДКД); станції ДДКД на синхротронному випромінюванні	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
55.	4.7.2.6	Розробка дослідно-промислової технології виробництва, застосування і регенерації нафтошаруватого нафтосорбенту на основі терморозщепленого графіту та створення відповідного стаціонарного і мобільного обладнання	Інститут газу НАН України
56.	4.7.1.17	Розроблення дослідно-промислових технологій виробництва нанопорошків тугоплавких сполук, халькогенідних та оксидних фаз	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
57.	4.8.4.25	Створення дослідно-промислових технологій синтезу нанокompозитів на основі наночастинок неорганічних сполук та біологічно активних компонентів клітинних стінок та метаболітів про біотичних мікроорганізмів	Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України
58.	4.9.1.4	Освоєння промислового виробництва аморфних і нанокристалічних сплавів та стрічкових магніто проводів з них на основі технології надшвидкого охолодження металевих розплавів	Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України
59.	4.10.9.3	Розроблення дослідно-промислових технологій виготовлення нових високодобротних діелектричних та нелінійних НВЧ матеріалів на основі наноструктурованих оксидних систем	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України
60.	4.10.3.9	Розроблення дослідно-промислових технологій виготовлення наноструктурних інструментальних та зносостійких керамічних матеріалів на основі нітридних фаз	Інститут проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України
61.	4.10.5.32	Розроблення дослідно-промислових технологій синтезу надпровідних консолідованих наноструктурованих матеріалів з нанодисперсними включеннями надтвердих фаз високого тиску та багатошарових плівкових сенсибілізованих структур систем Mg-B-0 I Y-Ba-Cu-O з високим рівнем функціональних властивостей	Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
62.	4.10.3.49	Розроблення дослідно-промислових технологій виготовлення зносостійких нанокompозитів з керамічною матрицею для нафтогазових насосів та вузлів тертя	Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України
63.	4.11.4.39	Розроблення дослідно-промислової технології виготовлення наноструктурних	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.

		біосумісних матеріалів з оптимальними біомеханічними властивостями поверхні та біоактивних покриттів для імплантатів	Францевича НАН України
64.	4.11.1.42	Розробка наноструктурованих матеріалів на поліуретановій, полі епоксидній та кремнійорганічній основах з покращеними характеристиками для протикорозійного захисту металоконструкцій та освоєння їх виробництва в дослідно-промислових умовах	Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
65.	4.11.3.53	Створення і використання в виробничій практиці іонно-плазмованих наноструктурованих багатошарованих надтвердих покриттів з температурою нанесення від 120°C і більше	Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" НАН України
66.	4.12.4.74	Проведення фундаментальних досліджень впливу наноутворень на умови формування мікроструктури металу зварних швів з метою підвищення рівня функціональних властивостей зварних з'єднань високоміцних низьколегованих сталей	Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
67.	4.8.5.28	Розроблення дослідно-промислової технології синтезу точкових наночастинок за допомогою фітоємкостей та культури клітин рослин та для візуалізації субклітинних структур	Державна установа "Інститут харчової біотехнології та геноміки" НАН України
68.	4.13.5.7.	Розроблення технології виготовлення нового покоління конструкційних деталей для остеосинтезу на основі наноструктурова-ного епоксиполіуретано-вого композиту та лікарських речовин	Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
69.	4.13.7.8	Розроблення технологій виготовлення наноматеріалів конструкційного призначення методом гвинтової екструзії	Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України
70.	4.13.10.11	Дослідження впливу наноструктурних елементів на структуру і властивоті метало композитів та роз-робка технології одержання литих гібридних наноконпо-зитів з підвищеними трибо технічними характеристиками	Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України
71.	4.14.3.16	Релаксація високо енергетичних електронних збуджень в наноструктурованих матеріалах на основі мікро-та наночастинок диспергованих у кристалічні, скляніта полімерні матриці	Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України
72.	5.16.1.2	Створення наноструктурних каліксаренових рецепторів для біомедичного застосування	Інститут органічної хімії НАН України
73.	5.16.1.7	Розроблення технології та виготовлення нових нанорозмірних антимікробних матеріалів широкого спектру дії та кон'югованих нанобіотехнологічних протипухлинних препаратів з низькою токсичністю на основі наночастинок срібла, золота, міді в колоїдах та суспензіях дисперсного кремнезему	Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України
74.	5.16.3.14	Створення системи інгібування росту пухлин головного мозку на основі нанокон'югатів антисенс-олігонуклеотидів та антитіл, специфічних до онкобілків,	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

		з природними біополімерами	
75.	5.16.4.18	Виготовлення нанокон'юнгантів для високочутливої детекції в плазмі крові біомаркерів ранніх стадій нейродегенеративних та онкологічних захворювань	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
76.	5.16.3.19	Протипухлинні, малотоксичні, адресної доставки, широкого спектру дії, нанорозмірні фосфонати паладію(II) - потенційні лікарські субстанції	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
77.	5.16.1.25	Розробка технології виробництва біосумісних функціональних наноматеріалів на основі апатиту кальцію з урахуванням умов синтезу in-situ для біомедичного застосування	Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України
78.	5.16.3.36	Нанокон'югати новітніх протипухлинних препаратів на основі специфічних лігандів квадруплексної ДНК - інгібіторів теломерази	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
79.	5.16.4.37	Дослідження наноструктурних каліксаренів для біомедичного застосування як антитромботичних препаратів	Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна НАН України
80.	5.16.1.40	Удосконалення технологій, дослідження, організація дослідно-промислового виготовлення та впровадження в широку клінічну практику різних видів наноструктурованої біоактивної кераміки та імплантатів з них для відновлення кісткової тканини та адресної доставки ліків	Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
81.	5.16.2.52	Дослідження синтезу нанокластерного срібла в матриці біополімерів морських водоростей та розробка на їх основі нових предметів медичного призначення	Інститут біології південних морів ім. О.О. Ковалевського НАН України
82.	5.17.2.29	Трубчасті футляри хвостових відростків дефектних бактеріофагів як нанодозатори антимікробних речовин	Інститут мікробіології і вірусології НАН України
83.	5.17.2.35	Розробка наноконструкцій на основі вискодисперсного кремнезему та розгалуженого полімеру декстран-поліакриламід для доставки лікарських препаратів у клітини, що мають фагоцитарну активність, як етап до цільової терапії моноцитарних лейкозів і гістіоцитарних пухлин	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
84.	5.17.2.41	Імуноліпосоми для направленої доставки біологічно активних компонентів до клітин пухлинних тканин	Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН України
85.	5.18 .4.1	З'ясування закономірностей та біофізикохімічних механізмів дії каліксаренів на функціонування каталітичних і транспортних білків біологічних мембран	Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна НАН України
86.	5.18 .2.8	Дослідження фізико-хімічних властивостей і біоактивності синтетичних нанорозмірних макроциклічних об'єктів та їх функціоналізованих похідних по відношенню до терапевтично важливих білкових мішеней <i>in vitro</i>	Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України
87.	5.18 .5.16	Нові нановуглецеві матеріали для спрямованої дії на	Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна НАН

		онкотрансформовані клітини	України
88.	5.18 .5.27	Створення і аналіз біомодулюючих властивостей складного нанокomплексу залізних та кальцій карбонатних наночастинок з наночастинками агрегатів циклодекстринів; оцінка нейротоксичного ризику його використання у нанонейротехнології	Інститут біохімії ім.О.В.Палладіна НАН України
89.	5.18 .5.46	Дослідження впливу вуглецевих наночастинок на біологічні системи та оцінка їх ролі у підвищенні онкологічного ризику	Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є.Кавецького НАН України
90.	5.18.3.53	Біологічна активність та безпека наноматеріалів, що можуть бути використані при створенні векторних систем протипухлинних препаратів	Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького НАН України
91.	5.19.1.17	Дослідження тепломасообмінних процесів при створенні везикулярних фосфоліпідних наноструктур з використанням ефекту дискретно-імпульсного введення енергії та їх реалізація в промислових нанотехнологіях	Інститут технічної теплофізики НАН України
92.	5.19.1.24	Технологія отримання нанодротів на основі вірусів для застосування в нанoeлектроніці та наномедицині	Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України
93.	5.19.1.33	Наукові основи створення сипкого бактеріального препарату комплексної дії для злакових культур	Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України
94.	5.19.1.50	Протипухлинна дія хіміотерапевтичних препаратів за умов їх доставки новими нанокomпозитними носіями, функціоналізованими N-ацилетаноламинами	Інститут біохімії ім. О.В.Палладіна НАН України
95.	5.19.1.59	Резонансна флуориметрія в електромагнітному полі наноструктур: прилад та методика біотехнологічних застосувань	Інститут біохімії імені О.В. Палладіна НАН України
96.	5.20.2.3	Оптичні сенсорні системи на основі наноструктурованих молекулярно імпринтованих полімерних мембран для моніторингу довкілля та медичної діагностики	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
97.	5.20.1.13	Розробка біоселективних мембран на основі вуглецевих наноматеріалів, функціоналізованих біомолекулами для створення аналітичних мікроприладів нового покоління	Інститут молекулярної біології і генетики НАН України
98.	5.20.3.34	Створення та дослідження нових нанобіоматеріалів на основі рекомбінантних однокланцових антитіл та наноструктурованих підкладинок для нанобіосенсорної імунодіагностики	Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України
99.	6.22.1.8	Розробка методів синтезу нових іонпровідних наноматеріалів на основі оксидів перехідних металів для сенсорних та енергоперетворюючих систем	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І.Вернадського НАН України
100.	6.22.3.11	Створення гібридних композитних наноматеріалів органічної електроніки	Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України

101.	6.22.2.3	Синтез нанорозмірних каталізаторів для асиметричних реакцій	Інститут органічної хімії НАН України
102.	6.22.7.16	Розробка нових нанорозмірних матеріалів на основі кремнію і літійзалізофосфату та вивчення фізико-хімічних перетворень при їх зворотньому літіюванні в якості електродів літій-іонних акумуляторів нового покоління	Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України
103.	6.22.5.15	Розроблення нанотехнологій синтезу наночастинок ZnO та CdS для виготовлення світловипромінюючих елементів на основі структур макропористого кремнію з нанопокриттями	Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України
104.	6.22.3.31	Розробка нанотехнологій виробництва гібридних органічно-неорганічних композитних наноматеріалів високої термостійкості та адгезійної міцності і низьких діелектричних втрат для елементів авіації, ракетної техніки, мікроелектроніки	Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
105.	6.22.3.41	Розробка наноструктурованих фотополімеризаційноздатних композицій з використанням кремнійорганічних модифікаторів та акрилтів металів для технології запису інформації, оздоблення друкованої та пакувальної продукції	Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України
106.	6.22.7.6	Наночастинки на основі біодеградуючих полімерів як макромолекулярні носії для транспорту потенційних високоефективних нейропротекторних препаратів до центральної нервової системи	Інститут органічної хімії НАН України
107.	6.22.7.21	Створення біосумісних наноструктурованих полімерних матеріалів та нанокомпозитів на основі взаємопроникних полімерних сіток для біомедичних застосувань	Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України
108.	6.22.7.33	Комплексна технологія створення функціонально-орієнтованих нанорозмірних систем на основі оксидів та організація дослідно-промислового їх виробництва	Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України
109.	6.22.1.9	Альтернативні методи одержання нанодисперсних порошків на основі оксидів титану та ніобію, як ефективних каталізаторів та основи виробництва керамічних матеріалів	Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України
110.	6.22.3.40	Розроблення наноструктурованих гібридних органічно-неорганічних покриттів для тимчасового протикорозійного захисту металопрокату	Інститут хімії поверхні ім. О. О.Чуйка НАН України
111.	6.22.5.42	Гібридні органо-неорганічні наноадсорбенти - удосконалення методів синтезу та розробка технології їх виготовлення	Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України
112.	6.22.1.7	Гібридні органо-неорганічні та неорганічні нанокомпозиційні матеріали для мембранних процесів розділення	Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України
113.	6.22.2.22	Розроблення нових та удосконалення наявних технологій для виробництва високопродуктивних нанофазних каталізаторів захисту довкілля та водневої енергетики	Інститут фізичної хімії ім.Л.В.Писаржевського НАН України
114.	6.22.7.43	Нові типи нанокомпозитних систем поліфункціональної дії на основі	Фізико-хімічний інститут ім. О.В.

		лантанідвмісних інфрачервоних випромінювачів	Богатського НАН України
115.	6.22.3.35	Дисперсії напівпровідникових наночасток у рідкокристалічному середовищі	Державна наукова установа «НТК «Інститут монокристалів» НАН України
116.	6.22.3.30	Розробка нових плівкових гнучких гібридних композитних наноматеріалів на основі електропровідних полімерів для електростатичного та електромагнітного захисту	Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України
117.	6.22.5.12	Розробка сорбенту на основі природного цеоліту (кліноптилоліту) з хемосорбційно нанесеними нанокластерами діоксиду марганцю і технології його застосування для очистки артезіанської води від іонів Mn (II) і Fe (II)	Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України
118.	6.22.5.26	Синтез і дослідження нанопоруватих вуглецевих матеріалів для енергонакопичуючих систем	Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України
119.	9.30.3.2	Центр інформаційних ресурсів Державної цільової науково-технічної програми „Нанотехнології та наноматеріали” Розділ 1. Інформаційне, аналітичне та організаційне забезпечення Державної цільової науково-технічної програми „Нанотехнології та наноматеріали” Розділ 2. Створення інформаційної інфраструктури Державної цільової науково-технічної програми „Нанотехнології та наноматеріали”	Інститут металофізики ім. Г.В.Курдюмова НАН України Центр практичної інформатики НАН України
120.	9.30.1.3	Створення інноваційного середовища для комерціалізації та трансферу нанотехнологій у бізнес в Україні	Інститут фізики НАН України

Наукове видання

Андрощук Геннадій Олександрович,

Ямчук Анатолій Владиславович,

Березняк Наталія Володимирівна,

Кваша Тетяна Костянтинівна,

Мусіна Людмила Абдрахманівна,

Новіцька Ганна Володимирівна

Індустрія наносистем і нанотехнологій: національні стратегії та світові
тенденції розвитку: монографія

Редактор: Т. О. Стріхер

Макет і комп'ютерна верстка: *Ю.В. Романенко*

Підписано до друку 2011. Формат 60x84¹/₁₆
Ум.-друк. арк. Обл.-вид. арк.
Наклад 400 прим. Зам №

УкрІНТЕІ, 03680, Київ, вул. Горького, 180

i. Кузык О.Я. Прогнозирование и стратегическое планирование социально-экономического развития: Учебник / Б.Н. Кузык, В.И. Кушлин, Ю.В. Яковец. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2006. – 415 с. – С.