

# Зарубіжна наука, міжнародне науково-технічне співробітництво

Н.М. Віннікова

## Тенденції розвитку нанотехнологічної сфери в Японії та Китаї

*Розглянуто особливості розвитку нанотехнологій в Японії та Китаї. Здійснено аналіз основних результатів фінансування нанотехнологій; розглянуто нанотехнологічні програми; виявлено пріоритетні напрямки розвитку нанотехнологій та установи, які активно займаються дослідженням у цій сфері; виділено найбільші досягнення та впровадження в сфері нанотехнологій; наведені приклади міжнародного співробітництва в рамках цих програм.*

У 2001 році нанотехнології увійшли до четвірки найбільш пріоритетних галузей економіки Японії, що фінансуються так як біотехнологія, інформація технології і телекомунікації [1].

На відміну від США, Японія займається нанотехнологічними дослідженнями та розробками лише в найбільш перспективних напрямках. На даний момент — це матеріалознавство та мікроелектроніка [2].

Найбільш пріоритетними розробками в Японії в сфері нанотехнологій є напівпровідникові технології XXI століття, терабітові запам'ятовуючі пристрої та технологія мережевих пристроїв. Основними фундаментальними дослідженнями є функції та властивості наноструктур, процеси та методи виміру і досліджень, а також теоретичні та аналітичні обчислювальні методи в сфері нанотехнологій. Перспективними проектами є нанотехнологічні матеріали, біонаносистеми, наноприлади, нановимірні техніка, нанообробка матеріалів та моделювання наносистем [4].

У 1991 році почала функціонувати перша програма з розвитку техніки маніпулювання атомами та молекулами в рамках проекту «Атомна технологія», а також був затверджений план реалізації проекту «Нанотек для нового суспільства» [5]. В Японії в

рамках програми дослідження та розробки в сфері нанотехнологій розподілено на три категорії: 1. Флагманські розробки — впровадження інформаційних технологій (строк 5–10 років). 2. Перспективні проекти — створення нових нанопристроїв, нанотрубок, напівпровідникових приладів, наноплівки; організація великих промислових виробництв із застосуванням нанотехнологій (строк 10–20 років). 3. Фундаментальні дослідження — вивчення різноманітних властивостей наносистем (фізичних, електричних, магнітних), наноматеріалів та розробка принципово нових методів теоретичного, експериментального вивчення та застосування у клінічній практиці [6].

У 1998 році в Японії з'явилася програма в сфері нанотехнологій під назвою «Astroboy» з бюджетом у 10 млн доларів. Основним завданням програми є розвиток наноелектроніки, яка спроможна працювати в умовах космічного холоду та при температурах у тисячі градусів [5].

З 2000 року в Японії функціонує Національна державна нанотехнологічна програма «Огато», що отримала найвищий державний пріоритет [5]. В рамках програми виконуються дослідження в чотирьох сферах економіки: медицині, охороні здоров'я, інформаційних технологіях та

екологія. Даний проект фінансується не лише державою, а й додатково близько 60 приватними підприємствами. Крім цього, уряд Японії фінансує більше десяти інших проектів у сфері нанотехнологій, де основними є дослідження квантових хвиль, флуктуацій в квантових системах тощо. Найбільшими нанопроєктами в Японії є «Atom Craft project» та «Aono project» [2].

На базі Міністерства освіти, культури, спорту, науки та технологій (МEXT) створена спеціальна дослідницька мережа в сфері нанотехнологій. Основною метою роботи цієї організації є забезпечення тристоронньої кооперації промисловості, академії та держави [4].

Найбільш важливими напрямками досліджень в сфері нанотехнологій в Японії займається Японська Економічна Асоціація «Кейданрен», яка в 2000 році організувала спеціальний відділ з нанотехнологій при промислово-технічному комітеті [6]. Основна мета діяльності організації: визначити інформаційні технології, біотехнології, енергетику, екологію і матеріалознавство як основні напрямки «прориву» в нанонауці; забезпечити надходження великих капіталовкладень у галузі виробництва, засновані на нанотехнологіях; розвивати дослідження в зазначених напрямках і впроваджувати їх результати у виробництво таким чином, щоб вони стали засобом нанотехнологічної революції; розробити національну стратегію розвитку нанотехнологій, організувати ефективну співпрацю промислових, державних, наукових відомств і організацій у цій сфері. У 2001 році був створений загальний план розвитку нанотехнологічних досліджень в рамках Асоціації «Кейданрен».

Доречно нагадати, що ще з початку 80-х років Японія почала вкладати чималі кошти в науково-дослідні розробки в сфері нанотехнологій. А в період з 1997 по 2005 рр. країна інвестувала у дослідження та розробки нанотехнологій вже близько 4,6 млрд. доларів (див. табл. 1) [1–6].

Основними організаціями, що займаються фінансуванням нанотехнологічної сфери в Японії, є Міністерство освіти, культури, спорту, науки і технологій та Міністерство економіки, торгівлі та промисловості (METI). Фінансова підтримка з боку приватних підприємств досліджень та розробок нанотехнологій в Японії складає близько 30% відсотків від обсягів загального фінансування [6].

Зазначимо також, що Японія активно займається будівництвом великих дослідницьких інститутів, підприємств та центрів з виробництва наноматеріалів, які забезпечують розвиток наносфери та здійснюють обмін інформацією.

Так, у 2001 році в цій країні, в місті Цукуба, в результаті злиття Національних дослідного інституту металів та інституту дослідження неорганічних матеріалів створено Національний інститут матеріалознавства (National Institute for Material Science) – НІМ [7]. Установа наразі є провідною організацією Японії в сфері нанотехнологій. Основним напрямом діяльності даного інституту є проведення фундаментальних досліджень в області матеріалознавства. Стратегічною метою діяльності є перетворення інституту в міжнародний відкритий дослідницький центр шляхом залучення найкращих інтелектуальних ресурсів і створення власної нанотехнологічної мережі в Японії. Основ-

Таблиця 1

Обсяги фінансування нанотехнологічної сфери в Японії в 1997–2005 рр., 2008 р.  
(млн дол.)

Роки	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Обсяги, млн дол.	120	135	157	245	465	750	810	875	950	–	–	950

ними науковими напрямками діяльності НІМ є розвиток нанотехнологічних технологій, синтез та контроль нових матеріалів, дослідження нанотехнологічних матеріалів для потреб інформаційних технологій, біотехнологій, навколишнього середовища, енергетики тощо.

У ході реалізації першого етапу програми, що виконувався Національним інститутом матеріалознавства протягом 2001-2006 рр., напрямок матеріалознавство піднявся у світовому рейтингу з 31-ої на 5-у позицію. Інститут став незалежною адміністративною організацією; збільшилась кількість патентів та приток технологій в приватний сектор; створено 5 компаній, що використовують розробки інституту [5,6].

Упродовж другого етапу реалізації програми (2006-2012 рр.) розроблені та запущені нові пріоритетні наукові проекти, які направлені на створення нових матеріалів, а також покращення властивостей вже існуючих матеріалів [5].

Найбільш відомими проектами Національного інституту матеріалознавства в рамках нанотехнологічної програми є атомний перемикач, нанотестер, випромінюючий світлодіод, нанотермометр з використанням нанотрубки, високоефективні салонові фосфори, супереластична кераміка з високою швидкістю деформації, суперсплави, високоміцна зерниста сталь, високоазотна нержавіюча сталь, матеріали штучної кістки тощо [7].

Важливим в процесі організації робіт у сфері нанотехнологій Японії є ефективна взаємодія між вченими, державою та промисловцями (МEXT ↔ METI ↔ Ініціатива створення нанопідприємств (NBCI)) [5].

Ще однією особливістю японської моделі є підтримка і фінансування наукових дослідницьких конкурсів, заохочення і допомога дослідженням у вищих навчальних закладах, а також розвиток нових систем підготовки наукових кадрів [7].

Не меншим досягненням цієї країни в області розвитку нанотехнологій

є започаткування проведення щорічної відомої міжнародної нанотехнологічної виставки «Нанотех» (NANOTECH), на якій демонструються майже всі вагомні нароби вчених. Так, наприклад, у 2007 році в роботі виставки прийняли участь близько 442 організацій, а кількість відвідувачів склала 50 тисяч осіб.

Дослідження та розробки в сфері нанотехнологій в Японії мають подальше впровадження у виробництво. Основними відомими розробками є нановимикач (Національний інститут науки та матеріалів); флеш-карта, що зберігає інформацію сотні років (Інститут сучасної прикладної науки та технологій); новий матеріал, який може видаляти з повітря будь-які забруднення при кімнатній температурі (компанія Тойота); каталізатор для бензинових двигунів, який вдвічі зменшує використання компонентів дорогоцінних металів для очистки вихлопних газів (компанія Nissan Motor Co); прототип унікального 16-шарового оптичного носія інформації (корпорація Pioneer) тощо [5,6].

Японія має також досвід міжнародного співробітництва в сфері нанотехнологій. Так, у 2008 році на базі Східно-Казахстанського Державного технічного університету імені Д. Серікбаєва створено спільний казахстансько-японський навчальний науково-дослідний сервісний центр з досліджень та розробок у сфері нанотехнологій та електронної мікроскопії. Основна мета діяльності центру – організація навчальних семінарів, тренінгів, майстер-класів з досягнень у сфері нанотехнологій та електронної промисловості для підвищення кваліфікації спеціалістів центрально-азіатського та західно-сибірського регіонів, а також проведення спільних казахстансько-японських наукових досліджень у сфері нанотехнологій і створення нових матеріалів шляхом залучення інженерів та вчених провідних японських компаній та університетів. Строк дії договору не обмежений.

У 2011 році японська компанія «Тойота цусе» та російська корпорація «Роснано» підписали угоду про співробітництво в сфері нанотехнологій.

У тому ж році вже інша компанія TOKYO BOEKI Ltd та уряд Азербайджану підписали меморандум про співробітництво в різних сферах науково-дослідних робіт, зокрема, у сфері нанотехнологій. В рамках даного договору передбачається спільне виконання проектів; обмін вченими; підготовка висококваліфікованих кадрів; організація семінарів для студентів та аспірантів; створення спільних лабораторій; організація конкурсів, стипендій, змагань.

Значно раніше, в 1986 році між Канадою та Японією була підписана Угода про співробітництво у сфері науки та техніки. У рамках цієї угоди проводяться спільні міждержавні дослідження в області нанотехнологій. Таке партнерство сприяє досягненню більших успіхів у даній сфері науки.

Уряд Японії співпрацює з такими великими компаніями у сфері нанотехнологій як Panasonic, Renesas Technology Corporation, Rohm, Sanyo, Seiko Epson, Sharp, Sony Corporation, Toshiba, Nikon, KOSÉ, Maruman, Hitachi та інші.

Розвиток нанотехнологій у Китаї дещо відрізняється від розвитку даної сфери в Японії. Насамперед, ця галузь характеризується низьким фінансуванням, дешевими кадрами та запозиченими розробками. Особливістю даної сфери в Китаї є швидкий вихід на виробництво продукції та миттєва переорієнтація на продукти, що необхідні ринку саме на сьогоднішній день [8].

Китай досяг передового світового рівня розвитку нанотехнологічної сфери. По кількості публікацій Китай займає друге місце в світі після США. Так, у 2000 році було опубліковано 1197 робіт, а в 2004 році – вже 4138 публікацій [9]. За кількістю поданих заявок Китай займає третє місце у світі після США та Японії. Перша заявка на патент у Китаї в сфері нанотехнологій була подана в 1986 році. А вже у 2007 році кількість таких заявок

на патенти в країні склала 18629 одиниць, з яких 30% були затверджені Державною організацією інтелектуальної власності Китаю (SIPO). Найбільша концентрація патентів спостерігається в хімічній промисловості – 43% від загальної кількості заявок. Організації-власники патентів у сфері нанотехнологій в основному географічно розміщені на узбережжі країни – близько 75% [9].

Найбільш популярними напрямками досліджень у сфері нанотехнологій Китаю є хімія, автомобілебудування, споживчі товари та екологія. Нанотехнологічні розробки країни використовуються в таких сферах господарства, як матеріали – 55%; біомедицина – 15%; електроніка – 10%; частка інших сфер складає – 20% [10].

Ще в 1986 році в Китаї з'явився державний документ – «Програма 863» (Національна програма з досліджень та розробок в сфері високих технологій), що складався з декількох підпрограм, де були включені дослідження в сфері нанотехнологій, проте дещо під іншою назвою [11]. Згодом, в 1997 році був прийнятий інший документ – «Програма 973» (Національна програма з розвитку основних фундаментальних досліджень), куди також ввійшли дослідження та розробки в нанотехнологічній галузі [9].

У 1990 році в країні був розпочатий десятирічний проект у сфері нанотехнологій – «Climbing Mountain», який фінансувався Китайською академією наук (CAS), Національним фондом природних наук (NSFC) та Державною науково-технічною комісією (SSTC) [11]. Дослідження проводились у напрямку атомної та молекулярної побудови поверхні матеріалів та вивченні їх оптичних і електронних властивостей за допомогою прецизійного контролю побудови структур на нанорозмірному рівні.

У 1999 році стартував базовий національний проект у сфері нанотехнологій «Наноматеріали та наноструктури» під керівництвом Міністерства науки та техніки Китаю [1]. Основна ціль проекту – фундаментальні дослідження нанотрубок.

У 2001 році Міністерством науки та техніки Китаю затверджено план стратегії розвитку нанотехнологій на період з 2001–2010 рр. Основними завданнями в рамках стратегії були прискорення досліджень та розробок у сфері нанотехнологій, підтримка фундаментальних та прикладних досліджень, а також проведення компанії щодо відповідності досліджень та розробок потребам ринку. Протягом даного строку уряд Китаю здійснював підтримку промислової орієнтації нанотехнологій та стимулював підприємства з метою створення нанотехнологій [4].

Починаючи з 2002 року, в Китаї реалізуються додаткові програми в сфері нанотехнологій [10]. Основними з них були наступні:

1. Дослідження мікроструктур та фізичних властивостей матеріалів на нанорозмірному рівні (початок 2002 рік).
2. Властивості та використання нанорозмірних матеріалів та структур (2005 рік)
3. Нанотоксикологічні дослідження синтезованих наноматеріалів (2006 рік);
4. Фундаментальні дослідження в молекулярній електроніці (2006 рік);
5. Фундаментальні та прикладні дослідження мікроструктурної техніки в хімії та біомедицині (2007 рік).

Програми в сфері нанотехнологій виконуються в більшості науково-дослідних інститутах, лабораторіях і промислових підприємствах Китаю. Частка академії наук Китаю складає 60% всіх досліджень та розробок, центри та університети – 35% і підприємства – 5%. Основну роль в розвитку нанотехнологічної сфери Китаю відіграють Академія наук КНР (Chinese Academy of Sciences) та її інститути – НДІ Хімії АН КНР (Institute of Chemistry Chinese Academy of Science); НДІ Фізики АН КНР (Institute of Physics Chinese Academy of Science); НДІ Технологій АН КНР (Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Science), а також Національний центр нанонау-

ки та нанотехнологій (National Center for Nanoscience and Nanotechnology) [9–11].

Фінансова підтримка розвитку нанотехнологічної сфери Китаю, насамперед, здійснюється Міністерством освіти, науки і техніки Китаю (MOST) та Національним фондом природних наук Китаю [5].

У період з 2001 р. по 2005 р. китайським урядом було виділено близько 500 млн дол., а з 2006–2010 рр. – 800 млн дол. на дослідження та розробки у сфері нанотехнологій [1,10].

Фундаментальні дослідження у сфері нанотехнологій Китаю в основному проводяться в Пекіні, де зосереджено близько 500 дослідницьких інститутів, 70 університетів, 50 національних лабораторій та 30 інженерних центрів.

За останні п'ять років (2006–2011 рр.) у Китаї створено три найбільших нанотехнологічних центри – Пекінський національний центр по вивченню нанотехнологій, Тяньцзинський національний науково-дослідний інститут нанотехнологій та інженерії і Шанхайський національний інженерний центр нанотехнологій [8].

На думку російського вченого В. Юдинцева, дослідницькі організації в сфері нанотехнології в Китаї входять, головним чином, в Північну і Південну групи. До Північної групи (район Пекіна) відносяться Центр нанонауки і технології, Інститут дослідження металів, Інститут напівпровідників Китайської академії наук, Університет Сінхуа та інші [9]. Їх частка складає близько 85% від загального обсягу досліджень і розробок, що виконуються у сфері нанотехнологій країни.

Найбільшими дослідницькими установами Південної групи Китаю є Шанхайський центр стимулювання розвитку нанотехнологій (SNPC), заснований в 2001 році, що фінансується центральним та муніципальним урядом Шанхаю, а також Національна комісія розвитку і реформ (NDRC) [9]. Центр виконує своєрідну функцію інкубатора і допомагає новим фірмам до моменту їх виходу на ринок.

На даний момент у Китаї налічується близько 800 компаній, які активно займаються впровадженням нанотехнологій, і більше 100 науково-дослідних лабораторій [8]. Близько 50% з них розташовані в провінціях Пекіна, Шанхая, Гуандонга, Джиангсу та Дзеджианг. Основними продуктами виробництва є нанорозмірні порошки оксидів, вуглецеві нанотрубки та фулерени [4].

До найбільш відомих підприємств Китаю, які випускають нанотехнологічну продукцію належать Adapowder (нанорозмірний алмазний порошок), AlphaNano Technology (наноматеріали), Chengdu Alpha Nano Technology (нанопорошки), Shenzhen JinGangYuan New Material Development (наноалмази і пов'язані з ними вироби), China Rare Metal Material (нанорозмірні метали, оксиди, сплави), Chongyi Zhangyan Tungsten (нанопорошки вольфраму і карбїду фольфраму), Sokang Nano (нанопокриття, модулі для наноповітряної та нановодневої очистки) та інші [11].

Масштабними впровадженнями в Китаї є платинові наночастинки з каталітичними властивостями (Xiamen University), метод зрощування багатостінних вуглецевих нанотрубок (Фізичний інститут CAS), спеціально оброблені вуглецеві нанотрубки (університет Tsinghua), наноструктурована мідь з надпластичними властивостями (Інститут дослідження металів АН КНР), стратегія синтезу стабільних багатокомпонентних матеріалів (університет Fudan), термоакустичний гучномовець на основі тонких плівок з вуглецевих нанотрубок (дослідницький центр Foxconn) тощо [11].

Китай активно приймає участь у міжнародних та національних конференціях у сфері нанотехнологій, починаючи ще з 1990 року. Найбільш обговорюваними є такі теми, як «Скануюча тунельна мікроскопія» та «Нанорозмірна наука та техніка».

Досить активно Китай співпрацює з іншими державами у сфері нанотехнологій. Так, у 2007 році Міжнародний на-

нотехнологічний кластер Китаю (CINIC) та Фінляндія в рамках Фінської програми Національної нанотехнологічної ініціативи (FinNano) підписали угоду в сфері нанотехнологій у місті Сучжоу. Документ є частиною більш широкої програми NAMI (Nanotechnology Strategic Mutual Cooperation Initiative). Основна мета співробітництва в рамках програми – зростання конкурентоспроможності різних галузей промисловості обох держав, передусім, інформаційних технологій, целюлозно-паперової та хімічної промисловостей, металургії, виробництва діагностичного медичного обладнання тощо. В подальшому планується співробітництво в напрямку генерації електроенергії з використанням сонячних батарей та елементів палива.

Іншим прикладом міжнародного співробітництва Китаю в сфері нанотехнологій є підписана в 2008 році угода з Росією. Основною метою є: обмін інформацією в області розробок, виробництва й потенційного ринку нанотехнологій; проведення спільних досліджень, направлених на комерціалізацію продуктів, вироблених із застосуванням нанотехнологій; співробітництво в сфері захисту інтелектуальної власності і патентування розробок. Крім того, така співпраця націлена на створення спільних венчурних фондів і ділових структур, на залучення приватного капіталу, а також на проектування, будівництво та експлуатацію лабораторій, призначених для створення наноматеріалів. Першим об'єктом зі сторони Китаю, на базі якого будуть проводитись спільні наукові дослідження і виробництво нанопродукції став Державний парк з нанотехнологій в місті Сучжоу.

У 2012 році Китай та Росія підписали угоду між фондом «Сколково» та технопарком Джунгуаньцхунь про співробітництво між двома інноваційними центрами в сфері нанотехнологій. Згідно договору планується взаємодія науково-технологічних інкубаторів, а також проведення наукових досліджень в таких напрямках як: біомедицинські технології,

енергоефективність, інформаційні технології та нові матеріали.

**Висновки.** Розвиток нанотехнологічної сфери в Японії має централізовану підтримку держави, чітко сформовану стратегію розвитку та тримає курс на подальше використання нанотехнологій. Основна ціль розвитку нанотехнологій в Японії – це створення суспільства в гармонії з природою. Взагалі нанотехнології є престижною сферою дослідження, про

що свідчить зацікавленість молодих кадрів в даній роботі, достойна висока заробітна плата.

Незважаючи на відносно обмежене фінансування, Китай має добре розвинену нанотехнологічну мережу по всій території держави, чітко вироблену стратегію розвитку нанотехнологічного бізнесу, в країні виконуються широкомасштабні проекти та здійснюється тісне співробітництво з іншими державами.

1. Вергун Л.І. Моделі розвитку бізнесу у сфері нанотехнологій // Проблеми і перспективи розвитку співробітництва між країнами Південно-східної Європи в рамках ЧАЕС і ГУАМ: – Севастополь-Донецьк, 2009. – С. 595-602.

2. Как обустроить развитие нанонаук и нанотехнологий в Украине на перспективу до 2020 г. / А.В. Рагуля // Вісник Українського матеріалознавчого товариства. – 2008. – № 1(1). – С. 29-36.

3. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження // Г.О. Андрощук, А.В. Ямчук, Н.В. Березняк та ін.: монографія. – К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 275 с.

4. Стан та перспективи розвитку ринку товарів нанотехнології і наноматеріалів / Чигрин А.В., Петух А.О. / – Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/9\\_DN\\_2010/Economics/62239.doc.htm](http://www.rusnauka.com/9_DN_2010/Economics/62239.doc.htm) – Назва з екрану.

5. Strategic Promotion of Nanotechnology R&D of Japan / Masahiro Takemura / Стаття. – Available online at: [www.nanoandsociety.com/projects/Takemura\\_Project.pdf](http://www.nanoandsociety.com/projects/Takemura_Project.pdf) – Назва з екрану.

6. О развитии нанотехнологии в Японии / С. Нестеров // Научно-технический журнал «Наноиндустрия». – 2008. – №1. – Режим доступу: <http://www.nanoindustry.su/journal/article/2294> – Название с экрана.

7. Борьба за нанотехнологичное лидерство: США, ЕС, Китай, Россия / В.Е. Дементьев / Стаття. – Режим доступу: [www.econopus.org/repec/journal/2009-3-4-123-144r.pdf](http://www.econopus.org/repec/journal/2009-3-4-123-144r.pdf) – Назва з екрану.

8. Жмудь В.А. Экономические аспекты развития нанотехнологий / В.А. Жмудь, Т.В. Авдеенко, А.В. Ляпидевский // Сборник научных трудов НГТУ. – 2009. – № 3(57). – 105-112 с. – Режим доступу: [sbornik.infoterra.ru/download2.php?num=3-57&id=13&type](http://infoterra.ru/download2.php?num=3-57&id=13&type) – Название с экрана.

9. Юдинцев В. Становление наноиндустрии в КНР / В. Юдинцев // Научно-технический журнал «Наноиндустрия». – 2010 г. – № 3. – Режим доступу: <http://www.nanoindustry.su/journal/article/1791> – Название с экрана.

10. Китай «ударил» по нанотехнологиям / Г. Богапов // Стаття. – 2011 г. – Режим доступу: <http://expert.com.ua/60743.html> – Название с экрана.

11. Research Report on Chinese High-Tech Industries. U.S. China Economic and Security Review Commission. Prepared by NSD Bio Group, LLC. January 2009. – Available online at: [http://www.uscc.gov/researchpapers/2009/Research\\_Report\\_on\\_Chinese\\_High\\_Tech\\_Industries.pdf](http://www.uscc.gov/researchpapers/2009/Research_Report_on_Chinese_High_Tech_Industries.pdf) – Назва з екрану.

**Одержано 03.09.2012**

*Н.Н. Винникова*

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЫ В ЯПОНИИ И КИТАЕ**

*В данной работе рассмотрены особенности развития нанотехнологий в Японии и Китае. Осуществлен анализ основных результатов финансирования нанотехнологий; рассмотрены нанотехнологические программы; выявлены приоритетные направления развития нанотехнологий и учреждения, которые активно занимаются исследованиями в этой сфере; выделены наибольшие достижения и внедрение в сфере нанотехнологий; приведены примеры международного сотрудничества в рамках программ.*