

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-62>

УДК 339.13:620.3](5)

НАНОТЕХНОЛОГІЧНИЙ СЕГМЕНТ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ: АЗІЙСЬКА МОДЕЛЬ

NANOTECHNOLOGY SEGMENT OF THE GLOBAL MARKET: THE ASIAN MODEL

Нікітін Дмитро Віталійович

аспірант,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8964-8038>**Nikitin Dmytro**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

У статті розглядається актуальна проблематика лідерства країн в галузі нанотехнологій, і доводиться, що протягом останніх двох десятиліть нанотехнології стали ключовим фактором у світовій економіці, визначаючи якісно новий господарський устрій. Цей устрій ґрунтується на глибоких взаємодіях між учасниками інноваційних процесів. Доведено, що азійська модель розвитку нанотехнологічного сегменту глобального ринку має свої специфічні особливості, що реалізується в Японії за допомогою горизонтальної системи управління науково-технологічною діяльністю. Проаналізовано досвід Китаю та засвідчено, що в останні десятиліття активно рухається вперед глобальною нанотехнологічною траєкторією завдяки насамперед високому рівню фінансування даного сектору, зростаючому резерву наукових талантів та диверсифікованим каналам міжнародного науково-технологічного співробітництва. Сучасна державна підтримка розвитку нанотехнологічних секторів зосереджується сьогодні на підвищенні конкурентоспроможності розроблених нанотехнологій шляхом їх масштабної законодавчої і регуляторної підтримки.

Ключові слова: нанотехнології, інновації, ринок нанотехнологій, глобалізація, світове господарство.

The article examines the current issues of leadership of countries in the field of nanotechnology, and it is proved that during the last two decades, nanotechnology has become a key factor in the world economy, defining a qualitatively new economic system. This system is based on deep interactions between the participants of innovation processes. It has been updated that more than sixty countries are actively implementing state support programs for national nanotechnology industries due to the increase in the amount of state investments in this sector. It is proved that the Asian model of the development of the nanotechnology segment of the global market has its own specific features, which is implemented in Japan using a horizontal system of management of scientific and technological activities in this area based on the convergent unification into one thematic direction of isolated scientific developments of an informational, medical and biological profile. Japan's key competitive advantages in the field of state stimulation of the nanotechnology sector derive today from its focus on supporting fundamental and applied research in the field of neodymium magnets, lithium-ion batteries, blue LEDs, photocatalysts and carbon fibers. Taking into account the past global dominance of Japan in the electronic industry, this country still has all the prerequisites for increasing its competitive influence on the nanotechnology segment of the global market. The experience of China is analyzed and it is proven that in recent decades it has been actively moving forward along the global nanotechnological trajectory due primarily to the high level of financing of this sector, the growing reserve of scientific talents and diversified channels of international scientific and technological cooperation. Modern state support for the development of nanotechnological sectors today focuses on increasing the competitiveness of developed nanotechnologies through their large-scale legislative and regulatory support. In general, the financing of the nanotechnological sectors of national economies is carried out mainly on the basis of their direct state financing, the value volumes of which, as of now, have not yet reached their maximum values.

Key words: nanotechnology, innovation, nanotechnology market, globalization, world economy.

Постановка проблеми. Розвиток наноіндустрії в XXI столітті, який представляє собою якісно нову парадигму глобального вироб-

ництва і споживання, постійно залучає все більше країн і секторів світового господарства до своєї "орбіти". Цей процес в кореневий

спосіб змінює всі структурні компоненти глобального суспільного відтворення та соціальних відносин. За останні два десятиліття нанотехнології стали стійким матеріальним ядром будівництва нового господарського устрою у світовій економіці. Цей устрій базується на глибоких і тісних взаємодіях між всіма учасниками інноваційних процесів: працівниками і підприємствами, бізнесом і владою, наукою і виробництвом. Зрозуміло, що така роль нанотехнологій у світовому інноваційному прогресі визначає пріоритетні завдання для національних урядів країн, які прагнуть до науково-технологічного лідерства, а саме розширення та диверсифікація заходів державного стимулювання нанотехнологічних секторів своїх економік.

Окрім того, об'єктивна неможливість розвитку наноіндустрії на основі дії виключно ринкових механізмів обумовлена також величезними обсягами необхідного для її розвитку первинного капіталу та тривалими термінами окупності капіталовкладень, високим рівнем ризикованості господарських операцій та жорсткою конкуренцією у нанотехнологічному секторі, а також колосальними загрозами щодо втрати контролю національних урядів над параметрами гуманітарної й екологічної безпеки. Не слід скидати з рахунків і цілої низки інших причин, котрі обумовлюють нагальну необхідність державного регулювання наноіндустрії, а саме: по-перше, величезних загроз для національних інтересів держав з боку монополізації нанотехнологічного сектору та інтервенційної експансії зарубіжних компаній; по-друге, об'єктивних потреб формування ефективного конкурентного середовища діяльності нанотехнологічних фірм і компаній, зниження інституційних бар'єрів у їх функціонуванні та недопущення саботажу з боку бюрократичних інституцій і можновладців; по-третє, необхідності нівелювання можливих негативних наслідків впливу нанотехнологій на людський організм та довкілля, що належить до функціональних повноважень державних інститутів та наднаціональних регуляторних органів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Особливості розвитку нанотехнологій як новітнього феномена світової економіки знайшли своє відображення в публікації як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Серед яких можемо відзначити К. Шваб, Р. Фейнман, М. Андерсен, Н. Линдер, І. Тарасов, К. Павлов, С. Іванов, В. Карасюк та інші. Однак ряд аспектів цієї багатогранної наукової

проблеми залишається недостатньо розкритим, зокрема необхідність оцінки нанотехнологічного лідерства країн в контексті глобальних структурних трансформацій.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є оцінка азійської моделі державної підтримки нанотехнологічного сегменту глобального ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кінцевий результат боротьби за лідерство в галузі нанотехнологій визначається взаємодією сил країн у глобальній моделі міжнародного поділу праці та світовій фінансово-валютній системі. Відомо, що незважаючи на постійні зміни у структурі останньої, вона залишається спрямованою на обслуговування процесу присвоєння глобальної технологічної ренти країнами, що визначають технологічний напрямок. Практично це означає глибокий зв'язок між глобальним попитом на нанотехнологічні розробки та рівнем валютної конкурентоспроможності країн, які можуть представити такі технології на світовому ринку. Таким чином, еволюція світової фінансово-валютної системи визначатиметься великою мірою тими державами, які найефективніше зможуть використовувати переваги підключення своїх економік до нової фази розвитку світового господарства, що визначається тривалою хвилею науково-технологічного й інноваційного прогресу. Роль інституту держави в цьому процесі є визначальною.

Доволі ефективну модель державної підтримки нанотехнологій демонструє Японія, котра з початку 2000-х років на тлі посилення конкурентного тиску з боку швидко зростаючих економік держав Азійсько-Тихоокеанського регіону переходить до реалізації доволі амбітної програми розвитку нанотехнологій. Їх стратегічними напрямками стали наступні: напівпровідникові технології XXI ст.; терабітові запам'ятовуючі пристрої; технології мережевих пристроїв; властивості і функції наноструктур; біонаносистеми і нанопристрої; нановимірвальна техніка і нанооброблення матеріалів; моделювання наносистем та обчислювальні методи у нанотехнологіях. З метою їх прискореного розвитку Японія впроваджує на практиці горизонтальну систему управління науково-технологічною діяльністю у цій сфері на основі конвергентного об'єднання в один тематичний напрямок ізольованих наукових розробок інформаційного, медичного та біологічного профілю. Завдяки цьому забезпечується максимальна концен-

трація ключових гравців ринку нанотехнологій на реалізації стратегій розроблення і комерціалізації нанотехнологічних продуктів, інновацій, а також злиттях і поглинаннях з метою зміцнення міжнародних конкурентних позицій на глобальному ринку.

Не випадково, нарощування капіталізації японського ринку нанотехнологій забезпечується, головним чином, неухильним збільшенням масштабів їх впровадження у медичній діагностиці та обробці зображень, а також динамічним технологічним прогресом у нанотехнологічних пристроях з автономним живленням. З цією метою в останні десятиліття здійснюється всебічна державна підтримка національної нааноіндустрії, а вартісний обсяг її державного фінансування досяг у 2021 р. відмітки у майже 20 трлн ієн. Крім того, японський уряд вже у найближчий період часу сподівається довести обсяги державних інвестиційних капіталовкладень у нанотехнологічні ДіР до рівня 30 трлн ієн, а сумарних приватних інвестицій – до 120 трлн у рік [1].

Головним інституційним майданчиком державного стимулювання нанотехнологічного сектору японської економіки є Об'єднана науково-технічна рада з узгодження і міждисциплінарного співробітництва, функціональні повноваження якої пов'язані з розробленням національної стратегії розвитку науки і техніки та реалізацією Основного плану з розвитку японської науки. Окрім того, у структурі японської федерації бізнесу «Кейданрен» засновано спеціальний промислово-технологічний комітет з нанотехнологій, який займається вивченням найважливіших для Японії напрямів нанотехнологічних ДіР, впровадженням наукових програм та підтримкою процесу впровадження нанотехнологічних інновацій у промисловому виробництві.

Так, вже у Першому базовому плані розвитку науки і технологій (1996–2000 рр.) Японія започатковує реалізацію національної стратегії з розвитку нанотехнологій і наноматеріалів. У Другому (2001–2005 рр.) і Третньому базових планах (2006–2010 рр.) нанотехнології позиціонуються вже в якості одного зі стратегічних напрямів розвитку науки і техніки нарівні з матеріалознавством, науками про життя, інформацією і комунікацією, а також захистом довкілля. У період реалізації Четвертого базового плану (2001–2015 рр.) державна політика нанотехнологічного розвитку переходить від фінансової підтримки пріоритетних ДіР у цій сфері до розроблення механізмів вирішення завдяки нанотехнологіям найгостріших соці-

ально-економічних проблем. Своєю чергою, у П'ятому базовому плані (2016–2020 рр.) нанотехнології кваліфікуються як фундаментальні інновації з ключовими перевагами для створення нових цінностей щодо розбудови Суспільства 5.0 [2, с. 19]. Нарешті, у рамках реалізації схваленого у 2020 р. Шостого базового плану продовжено впровадження стратегії створення розумного суспільства, у тому числі на основі всебічної підтримки нанотехнологічного сектору економіки, розвитку суперкомп'ютерної техніки, квантових технологій та напівпровідників, а також біо- та аграрних технологій [3, с. 125].

Важливим напрямом державного стимулювання нанотехнологічного сектору економіки Японії є також розроблення з кінця 1980-х років *державної політики активізації співробітництва між університетами та бізнес-структурами* способом заснування у структурі університетських закладів центрів спільних досліджень на основі контрактних відносин; виконання університетами ДіР на замовлення бізнес-сектору; прямого фінансування корпоративними структурами науководослідних робіт університетів без покладання на них жодних зобов'язань [4, с. 56]. Отже, ключові конкурентні переваги Японії у сфері державного стимулювання нанотехнологічного сектору впливають на сьогодні з його зорієнтованості на підтримку фундаментальних і прикладних досліджень у сфері неодиомових магнітів, літієво-іонних батарей, синіх світлодіодів, фотокаталізаторів та вуглецевих волокон. З урахуванням минулого глобального домінування Японії в електронній промисловості ця держава і сьогодні має усі передумови для нарощування свого конкурентоспроможного впливу на нанотехнологічний сегмент глобального ринку.

У комплексній характеристиці механізмів державного стимулювання нааноіндустрії особливої уваги заслуговує досвід *Китаю* у цій сфері, який в останні десятиліття активно рухається вперед глобальною нанотехнологічною траєкторією завдяки насамперед високому рівню фінансування даного сектору, зростаючому резерву наукових талантів та диверсифікованим каналам міжнародного науково-технологічного співробітництва. Так, уряд КНР зосереджується сьогодні на підвищенні конкурентоспроможності розроблених нанотехнологій шляхом їх масштабної законодавчої і регуляторної підтримки та включення до Тринадцятого п'ятирічного плану в якості провідного науково-технологіч-

ного пріоритету. Окрім того, ДіР у сфері нанонауки та нанотехнологій є також невід'ємним компонентом амбітної інноваційної ініціативи «Зроблено в Китаї 2025», спрямованої на перетворення цієї держави у глобальний високотехнологічний виробничий центр [5].

Маємо зазначити, що реалізовані нині в КНР державні програми й ініціативи у сфері нанонауки та нанотехнологій базуються на сформованій ще за часів Ден Сяопіна централізованій політичній архітектурі. Йдеться насамперед про ухвалену у 1986 р. Національну програму досліджень і розвитку високих технологій, широко відому під назвою «Програма 863». Будучи спрямованою на максимізацію державного стимулювання процесу розробки нових матеріалів і передових виробничих технологій, «Програма 863» була реалізована на основі послідовних п'ятирічних планів та забезпечила значне нарощування національного науково-дослідного й інноваційного потенціалу. Якщо говорити конкретними цифрами, то у період 1990-2002 рр. дана програма профінансувала понад 1 тис проривних нанотехнологічних проєктів, одним з яких став реалізований у період 1990-1999 рр. під наглядом Державної комісії з науки і технологій КНР «Проєкт сходження» [6].

Потужний імпульс подальшому розвитку нанотехнологічного сектора Китаю надала ухвалена у 1997 р. «Національна програма фундаментальних досліджень», більш відома як «Програма 973». Дана програма, органічно доповнивши свою попередницю, стала загальнонаціональним проєктом комплексних досліджень у сфері наноматеріалів і наноструктур за таким напрямом як вуглецеві нанотрубки [7]. При цьому упродовж багатьох років у КНР було розбудовано доволі розгалужену національну інноваційно-інфраструктурну мережу за участі численних науково-дослідних інститутів та університетів (Пекінського університету, Міського університету Гонконгу, Нанкінського універ-

ситету, Гонконгського університету науки і технологій, Університету Сучжоу, Університету науки і технологій Китаю тощо), у структурі яких були сконцентровані сучасні дослідницькі лабораторії нанотехнологій для сприяння навчанню та ДіР у сфері нанонауки та нанотехнологій [8].

Активно підтримуваними і масштабно фінансованими з боку уряду КНР є також Китайська академія наук, Національний центр нанонауки та технологій, а також Сучжоуський інститут нанотехнологій та нанобіоніки, котрі, володіючи численними лабораторіями та маючи у своєму штаті видатних дослідників-теоретиків, в останні роки закріпили за собою статус провідних спеціалізованих дослідницьких центрів нанонауки та нанотехнологій. Їх глибоке залучення у програми державно-приватного партнерства в інноваційній сфері дало життя цілій низці проривних нанотехнологічних компаній, найбільш відомими з яких є Array Nano, Times Nano, Haizisi Nano Technology, Nano Medtech, Sun Nanotech, XP nano тощо [9]. При цьому головним координатором діяльності китайських агентств у просуванні нанонауки і нанотехнологій є Міністерство науки і технологій КНР.

Висновки. Резюмуючи, маємо наголосити, що сучасна державна підтримка розвитку нанотехнологічних секторів національних економік здійснюється, головним чином, на основі їх прямого державного фінансування, вартісні обсяги якого станом на тепер ще далеко не досягли своїх максимальних значень. При цьому особливо стрімкий приріст їх масштабів (в силу дії ефекту низької бази) спостерігається саме у тих державах, котрі перебувають на початкових етапах розвитку своїх нанотехнологічних індустрій, а відтак – лише включились у процес інвестування національної нанотехнологічної інфраструктури, систем підготовки кваліфікованих кадрів, а також створення сприятливого податкового і політичного середовища для залучення у даний сектор приватного фінансового капіталу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. EU Business in Japan. About Nanotechnology. URL: <https://www.eu-japan.eu/eubusinessinjapan/sectors/nanotechnology/about-nanotechnology> (дата звернення: 30.11.2023).
2. Nanotechnology and Materials R&D in Japan: An Overview and Analysis CRDS-FY2017-XR-02 March 2018. URL: <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/en/CRDS-FY2017-XR-02.pdf> (дата звернення: 30.11.2023).
3. Ісакова Н. Б. Досвід співробітництва між університетами і промисловістю в Японії. Наука та наукознавство. 2023. № 1 (119). С. 121–141. URL: https://sofs.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/Nauka_ta_Naukoznavstvo_1-2023-121-148-1-21.pdf (дата звернення: 02.12.2023).

4. Галан Н. І. Японські університети у «потрійній спіралі»: приклад Тохоку. *Наука та інновації*. 2010. № 3 (6). С. 55–65.
5. Halder B. How China is the Future of Nanoscience. *OZY*, 2020. URL: <https://www.ozy.com/the-new-and-the-next/cloning-to-cancer-china-is-driving-the-future-of-small-science/256094/> (дата звернення: 02.12.2023).
6. Siddiki M. K. China as the World Leader in Nanotechnology: Another Wakeup Call for the West. *Small Wars Journal*, 03.12.2022. URL: <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/china-world-leader-nanotechnology-another-wakeup-call-west> (дата звернення: 02.12.2023).
7. Jarvis D. S. L., Richmond N. Regulation and Governance of Nanotechnology in China: Regulatory Challenges and Effectiveness. *Eur. J. Law Technol.* 2011. Vol. 2. No. 3. P. 1–11.
8. Leading 50 Chinese institutions in chemistry. 2021. URL: <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2021-china/tables/chemistry> (дата звернення: 02.12.2023).
9. Nanotechnology in China: Market Report. *AZO Nano*. 2015. URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3545> (дата звернення: 02.12.2023).

REFERENCES:

1. EU Business in Japan (2023). About Nanotechnology. Available at: <https://www.eu-japan.eu/eubusinessin-japan/sectors/nanotechnology/about-nanotechnology>
2. Nanotechnology and Materials R&D in Japan (2018): An Overview and Analysis CRDS-FY2017-XR-02 March 2018. Available at: <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/en/CRDS-FY2017-XR-02.pdf>
3. Isakova N. B. (2023) Dosvid spivrobotnytstva mizh universytetamy i promyslovistiu v Yaponii [Experience of cooperation between universities and industry in Japan]. *Nauka ta naukoznavstvo*, vol. 1 (119), pp. 121–141. Available at: https://sofs.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/Nauka_ta_Naukoznavstvo_1-2023-121-148-1-21.pdf
4. Halan N. I. (2010) Yaponski universytety u «potriinii spirali»: pryklad Tokhoku [Japanese universities in the "triple helix": the case of Tohoku]. *Nauka ta innovatsii*, vol. 3 (6), pp. 55–65.
5. Halder B. (2020) How China is the Future of Nanoscience. Available at: <https://www.ozy.com/the-new-and-the-next/cloning-to-cancer-china-is-driving-the-future-of-small-science/256094>
6. Siddiki M. K. (2022) China as the World Leader in Nanotechnology: Another Wakeup Call for the West. *Small Wars Journal*,. Available at: <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/china-world-leader-nanotechnology-another-wakeup-call-west>
7. Jarvis D. S. L., Richmond N. (2011) Regulation and Governance of Nanotechnology in China: Regulatory Challenges and Effectiveness. *Eur. J. Law Technol.* Vol. 2. No. 3. P. 1–11.
8. Leading 50 Chinese institutions in chemistry. (2021). Available at: <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2021-china/tables/chemistry>
9. Nanotechnology in China: Market Report. (2015) *AZO Nano*. Available at: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3545>