

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

НІКІТІН ДМИТРО ВІТАЛІЙОВИЧ

УДК 339.9:339.13:[330.341.1:620.3]](043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
НАНОТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ
У СТРУКТУРНІЙ ДИНАМІЦІ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Спеціальність 292 – міжнародні економічні відносини

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Нікітін Д. В.

Науковий керівник: Галенко Оксана Миколаївна, доктор економічних наук, професор

КИЇВ 2024

АНОТАЦІЯ

Нікітін Д. В. Нанотехнологічні інновації у структурній динаміці глобальної економіки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 – міжнародні економічні відносини. – Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, 2024.

Робота присвячена комплексному дослідженню ролі і місця нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобальної економіки. Значна увага приділена теоретико-методологічним основам дослідження нанотехнологічних інновацій, розкриттю генезису та еволюції теорій інноваційного розвитку. На основі комплексного аналізу еволюції промислових революцій обґрунтовано їх циклічну природу як об'єктивну передумову нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва. Комплексно оцінено економічні переваги і загрози нанотехнологічних інновацій та доведено їх дуалістичний вплив на структурну динаміку світогосподарського розвитку.

У дисертації комплексно охарактеризовано глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій як форми прояву нанотехнологічних трансформацій світового господарства, а також розкрито місце і роль нанотехнологічних мереж у глобальній інноваційній екосистемі. Дано панорамну характеристику діючим у міжнародній практиці країново-регіональним моделям стимулювання наноіндустрії (ринкової (США), інтеграційно-регіональної (держави Євросоюзу) та емерджентної (Китай)) та обґрунтовано їх авангардну роль у розбудові нанотехнологічного сегменту глобального ринку. Дисертація містить результати здійсненого автором економетричного моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав Світової тріади (США, Німеччини, Китаю, Японії та Респ. Корея) на основі використання програмного пакету даних Statistica. У дисертаційній роботі розкрито сучасні кількісні і якісні параметри розвитку наноіндустрії України та

обґрунтовано ключові напрями повоєнної інтеграції нашої держави у глобальний ринок нанотехнологій.

Нові наукові положення, одержані особисто автором, які виносяться на захист, полягають у такому:

удосконалено:

- теоретичні положення щодо дуалістичного впливу нанотехнологій на структурну динаміку глобального економічного розвитку *на основі розкриття їх економічних переваг* (створення принципово нових і модифікація існуючих товарів і послуг, багаторазове підвищення ефективності виробничих процесів, підвищення рівня світового суспільного добробуту, впровадження якісно нових засобів і методів ранньої діагностики системних і соціально небезпечних захворювань, налагодження вирощування штучних людських органів, прискорення процесу розроблення принципово нових лікарських засобів, медичних матеріалів і медичного обладнання та ін.) *та загроз* (розбалансування світогосподарських пропорцій, витіснення з ринку цілої низки традиційних видів економічної діяльності, трансформація просторової локалізації глобального виробництва, поглиблення міжсекторальних асиметрій у розподілі капітальних активів, послаблення дії механізму конкуренції, позбавлення національних урядів традиційних механізмів управління соціально-економічними і фінансовими процесами та ін.). Доведено, що подібного роду дуалізм актуалізує питання щодо реалізації у світових координатах системи базових принципів функціонування нанотехнологічного сегменту глобального ринку: транспарентності та суспільного контролю за процесом ухвалення управлінських рішень щодо використання нанотехнологій; наукової поінформованості та обов'язковості проведення міждисциплінарних громадських дискусій про можливий їх негативний вплив; дотримання наноетики, конфіденційності, приватності і поваги до особистого життя; захисту інтелектуальної власності; пріоритетності застосування нанотехнологій при розв'язанні найбільш актуальних глобальних проблем людства та досягненні глобальних цілей сталого розвитку;

- методологічні підходи до дослідження промислових революцій через призму їх циклічності як об'єктивної передумови нанотехнологічних

трансформацій світового господарства. Доведено, що Четверта промислова революція, базуючись на фундаментальних процесах цифровізації, горизонтальної і вертикальної інтеграції виробничих процесів, впровадженні бізнес-структурами цифрових бізнес-моделей та розробленні комплексних технологічних рішень у межах цифрових екосистем, технологічній платформізації бізнесу, злитті технологій та «розмиванні» бар'єрів між фізичними, цифровими і біологічними світами, здатна з сучасних методологічних позицій найбільш повно розкрити природу, рушійні сили та векторну спрямованість нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва;

- аналітичні підходи до комплексної характеристики сформованих у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж на основі: *розкриття їх суб'єктної структури* (академічні установи, університети, виробничі компанії, громадські і професійні спілки, науково-дослідні центри і лабораторії, дослідницькі і спеціалізовані організації, інвестиційні і венчурні компанії); *конкретизації ключових інструментів їх державного стимулювання* (пряме фінансування нанотехнологічних дослідницьких центрів та центрів колективного використання технологічного обладнання; підтримка міжфірмового мережевого співробітництва; реалізація програм державно-приватного партнерства в інноваційній сфері та ін.) та *ідентифікації головних особливостей функціонування нанотехнологічних науково-освітніх центрів*: їх перебування у статусі структурних підрозділів науково-дослідних центрів та університетських установ; спеціалізація на проведенні ДіР нанотехнологічного профілю та підготовці кваліфікованих спеціалістів для наноіндустрії; активне використання розгалужених освітніх платформ в рамках дослідницьких університетів; глибока інтеграція у горизонтальні та вертикальні інноваційні мережі; системна конвергенція і взаємодоповнення фундаментальних досліджень й навчального процесу. Доведено визначальну роль у процесах функціонування сучасних нанотехнологічних мереж систем колаборативного управління, котрі надають їм характеру інноваційних екосистем із залученням до них усіх структурних підсистем національних науково-

виробничих оболонок, здатних забезпечити динамічну розбудову у глобальних координатах відкритих нанотехнологічних платформ;

- економіко-математичну оцінку ступеня впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав Світової тріади (США, Німеччини, Китаю, Японії, Респ. Корея) у розрізі моніторингових країнових показників щодо валових внутрішніх витрат на ДіР, млрд дол. США; валових внутрішніх витрат на ДіР, % від ВВП; експорту високих технологій, млн дол. США; частки високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %; кількості патентних заявок; вартісного обсягу зборів за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США. На основі проведення багатфакторного регресійного аналізу з використанням програмного продукту Excel – Data analysis – Regression, застосування різних типів рівнянь, що описують економетричні залежності (лінійного, логарифмічного, поліноміального, степеневого та експоненціального), перевірки достовірності рівнянь за допомогою критерію Фішера, коефіцієнтів кореляції і детермінації встановлено наявність найтіснішого прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та показниками експорту високих технологій та вартісного обсягу зборів за використання інтелектуальної власності. Натомість показник частки високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції має від'ємні значення коефіцієнтів за усіма аналізованими країнами, що засвідчує негативний тренд його впливу на показник ВВП на особу та вказує на необхідність зменшення державами вартісних обсягів свого високотехнологічного експорту з метою утримання високих міжнародних конкурентних позицій на глобальних ринках;

дістало подальшого розвитку:

- понятійно-категоріальний апарат дослідження місця і ролі нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобального ринку на основі обґрунтування розгорнутого авторського визначення категорії «наноіндустріалізація», зміст якої полягає у технологічному способі виробництва (способом спеціально сформованих наноструктур та контрольованої рекомбінації

звичних об'єктів і речовинних структур) нанопродукції, наділеної принципово новими і раніше не досяжними хіміко-фізичними та біологічними властивостями (супермініатюризація; здатність до розміщення на одиниці площі значно більшої, порівняно з традиційними матеріалами, кількості функціональних пристроїв; спроможність працювати у недоступних для інших технологій сферах; відсутність у наночастинок структурних дефектів; широкі можливості використання процесів самоорганізації наноречовин для формування спеціальних структур), а також унікальними техніко-економічними, функціональними, експлуатаційними й споживчими характеристиками, котрі не можуть бути відтворені іншими групами представлених на ринку товарів-аналогів та товарів-субститутів. Обґрунтовано, що фундаментальні процеси наноіндустріалізації є потужною рушійною силою формування у структурі глобального виробничого комплексу наноіндустрії як глибоко інтегрованого на горизонтальному і вертикальному рівнях міжсекторального комплексу виробничих, науково-дослідних й освітніх організацій різних форм власності, котрі проводять цілеспрямовану діяльність щодо створення і комерціалізації конкурентоспроможної наукомісткої продукції нанорозмірного рівня з високим рівнем доданої вартості;

- ідентифікаційна характеристика домінуючих глобальних трендів структуризації світового ринку нанотехнологій як форми прояву нанотехнологічних трансформацій світового господарства: неухильне нарощування капіталізації ринку нанотехнологій та диверсифікація його суб'єктної структури; розширення тіньового сегменту світового нановиробництва; динамізація науково-дослідних робіт, пов'язаних з нанотехнологічними розробками; розширення міжнародних співавторських зв'язків у публікаційній діяльності; зростання витрат бізнес-сектору на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій; поглиблення міжкраїнових асиметрій у розвитку ринку нанотехнологій; активізація процесу їх патентування; динамічне зростання зайнятості та рівня оплати праці у нанотехнологічній сфері; нарощування масштабів корпоративного венчурного фінансування нанотехнологій та ін. Доведено, що зазначені тренди у своїй сукупності детермінують глибокі

трансформаційні зміни світової виробничої системи на основі значного розширення діючих технологічних платформ національних промислових секторів, що закладає якісно нові параметри міжнародної конкурентоспроможності держав за рівнем їх ресурсної безпеки;

- панорамна характеристика діючих у міжнародній практиці країново-регіональних моделей державного стимулювання наноіндустрії (ринкової (США), інтеграційно-регіональної (держави Євросоюзу) та емерджентної (Китай)) з конкретизацією їх конкурентних переваг і недоліків та обґрунтуванням їх авангардної ролі у розбудові нанотехнологічного сегменту глобального ринку. Доведено, що найрозвинутішою на сьогодні є модель державної підтримки нанотехнологічного сектору Сполучених Штатів Америки завдяки величезним масштабам його фінансування; диверсифікованій суб'єктній структурі і глибокій коопераційній взаємодії різних федеральних департаментів й агенцій у царині розроблення і комерціалізації наноінновацій; орієнтації нанотехнологічних ДіР на фронтальне й системне опанування провідними напрямками науково-технологічного прогресу; оперативному патентуванню наукових винаходів; масштабній федеральній фінансовій підтримці малого бізнесу у розробленні ним нанотехнологій; стимулюванню його науково-технічного співробітництва з науково-дослідними установами та подальшому використанню його результатів у приватному секторі. Констатовано, що в останнє десятиліття стрімко наростає конкурентний тиск на світовий ринок нанотехнологій Китаю, який вже у недалекому майбутньому може стати новим глобальним центром економічної і технологічної влади;

- системна оцінка ефективності функціонування нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України на основі *розкриття головних тенденцій його функціонування* (український низький рівень наукомісткості вітчизняного ВВП; домінування державних джерел фінансування фундаментальної науки на тлі низької участі приватного сектора у розбудові вітчизняної наноіндустрії; недостатні обсяги державного і приватного фінансування нанотехнологічних ДіР; їх концентрація переважно на технологічній модифікації існуючих матеріалів;

незначна частка компаній переробної промисловості, залучених до процесу розроблення та впровадження нанотехнологічних розробок; стрімке старіння вітчизняних наукових шкіл; масштабний вплив молодих наукових кадрів за кордон; належність лівової частки українських компаній-розробників нанотехнологій до закладів вищої освіти та науково-дослідних інституцій природничого профілю; їх слабка зорієнтованість на серійне виробництво наноматеріалів та ін.) та конкретизації *ключових гальмуючих факторів його розвитку*: слабка конвергенція вітчизняної та міжнародної систем стандартизації у сфері нанотехнологій; несистемність загальнодержавних програм з їх підтримки; застарілість національної дослідницької інфраструктури; тимчасовість і короткостроковість програм розвитку нанотехнологій, відсутність їх комплементарності та пролонгуючого характеру; недостатній рівень інтеграції українських інституцій у глобальний та європейський дослідницький простір, збереження значних бюрократичних і фінансових обмежень в інтернаціоналізації українських досліджень і розробок та ін. Доведено, що у своїй сукупності вони сформували в Україні самопідтримувальний механізм виробництва нанотехнологічної продукції виключно для промислового (а не кінцевого) споживання зі значним браком належних організаційно-економічних та інституційних рушіїв для впровадження нанотехнологічних розробок у масове виробництво;

- обґрунтування стратегічних напрямів повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій у розрізі: *організаційно-інституційних, інвестиційно-фінансових, податково-адміністративних, інформаційних, освітніх та транснаціональних механізмів*. Доведено, що у своїй сукупності вони здатні суттєво пом'якшити глибоке відставання України від глобальних лідерів за одним з проривних напрямів світового науково-технічного прогресу, а також забезпечити масштабне впровадження у національну економіку піонерних нанотехнологій та суттєво підвищити рівень її інноваційної продуктивності.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що основні теоретичні положення, висновки і рекомендації, сформульовані автором у

дисертаційній роботі, можуть слугувати методологічною базою для розроблення й імплементації ефективних механізмів інтеграції України у світовий ринок нанотехнологій. Наукові розробки, висновки і практичні рекомендації автора були використані: Публічним акціонерним товариством «Державна акціонерна компанія «Ліки України» (довідка про впровадження №186 від 15.01.2024 р.); ТОВ «Науково-дослідний інститут регіонального управління» (довідка про впровадження №23 від 05.02.2024 р.); а також Київським національним економічним університетом імені Вадима Гетьмана при викладанні дисциплін «Міжнародна економіка», «Міжнародний менеджмент» та «Європейська інтеграція» (довідка про впровадження від 20.12.2023 р.).

Ключові слова: глобалізація, цифровізація, техноглобалізм, інноваційний розвиток, технології, нанотехнології, нанотехнологічні інновації, глобальний ринок, промислові революції, Індустрія 4.0, нанотехнологічні мережі.

ANNOTATION

Nikitin D. V. Nanotechnological innovations in the structural dynamics of the global economy. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 292 – The international economic relations. – Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Kyiv, 2024.

The work is devoted to a comprehensive study of the role and place of nanotechnological innovations in the structural dynamics of the global economy. The considerable attention is paid to the theoretical and methodological foundations of the study of nanotechnological innovations, disclosure of the genesis and evolution of theories of innovative development. Based on a comprehensive analysis of the evolution of industrial revolutions, their cyclical nature is substantiated as an objective prerequisite for nanotechnological transformations of global production. A comprehensive assessment of the economic advantages and threats of nanotechnological innovations is given and their dualistic impact on the structural dynamics of world economic development is proved.

The dissertation comprehensively characterizes the global trends in structuring the global nanotechnology market as a form of manifestation of nanotechnological transformations of the world economy, and also reveals the place and role of nanotechnology networks in the global innovation ecosystem. The author gives a panoramic description of the country-regional models of stimulating the nanotechnology industry (market (USA), integration-regional (EU countries) and emergent (China)) in international practice and substantiates their avant-garde role in the development of the nanotechnology segment of the global market. The dissertation contains the results of the author's econometric modeling of the impact of nanotechnology innovations on the international competitiveness of a number of countries representing the World Triad (USA, Germany, China, Japan and the Republic of Korea) based on the use of the Statistica software package. The dissertation reveals the current quantitative and qualitative parameters of the development of the nanotechnology industry in Ukraine and substantiates the key directions of our country's post-war integration into the global nanotechnology market.

New scientific findings, obtained personally by the author, which are submitted for defense, include the following:

improved:

- theoretical provisions on the dualistic impact of nanotechnologies on the structural dynamics of global economic development based on the disclosure of their economic advantages (creation of fundamentally new and modification of existing goods and services, multiple increase in the efficiency of production processes, increase in the level of global social welfare, introduction of qualitatively new means and methods of early diagnosis of systemic and socially dangerous diseases, establishment of cultivation of artificial human organs, acceleration of the development of fundamentally new medicines, medical materials and medical equipment, etc.) and threats (imbalance of world economic proportions, displacement of a number of traditional economic activities from the market, reorganization of the prevailing models of business organization, transformation of the spatial localization of global production, deepening of intersectoral asymmetries in the distribution of capital assets, weakening of the competition

mechanism, deprivation of national governments of traditional mechanisms of governance). It is proved that this kind of dualism actualizes the issue of implementing the system of basic principles of functioning of the nanotechnology segment of the global market in the world coordinates: transparency and public control over the process of making managerial decisions on the use of nanotechnology; scientific awareness and the obligation to hold interdisciplinary public discussions about their possible negative impact; observance of nanoethics, confidentiality, privacy and respect for personal life; protection of intellectual property; priority of nanotechnology application in solving the most pressing global problems of mankind and achieving global sustainable development goals;

- methodological approaches to the study of industrial revolutions through the prism of their cyclical nature as an objective prerequisite for nanotechnological transformations of the world economy. It is proved that the Fourth Industrial Revolution, based on the fundamental processes of digitalization, horizontal and vertical integration of production processes, implementation of digital business models by business structures and development of integrated technological solutions within digital ecosystems, technological platformization of business, merger of technologies and «blurring» of barriers between the physical, digital and biological worlds, is able to fully reveal the nature, driving forces and vector orientation of nanotechnology from the modern methodological standpoint of global production;

- analytical approaches to the comprehensive characterization of nanotechnology networks formed in the global innovation ecosystem based on: *disclosure of their subject structure* (academic institutions, universities, manufacturing companies, public and professional unions, research centers and laboratories, research and specialized organizations, investment and venture capital companies); *specifying key instruments* for their state incentives (direct funding of nanotechnology research centers and centers for collective use of technological equipment; support for intercompany networking; implementation of public-private partnership programs in the innovation sector, etc.) and *identification of the main features of the functioning of nanotechnology research and education centers*: their status as structural units of research centers and university institutions; specialization in conducting nanotechnology R&D and training of qualified

specialists for the nanotechnology industry; active use of extensive educational platforms within research universities; deep integration into horizontal and vertical innovation networks; systemic convergence and complementarity of fundamental research and studying process. The author proves the decisive role of collaborative management systems in the functioning of modern nanotechnology networks, which give them the character of innovative ecosystems involving all structural subsystems of national research and production shells, capable of ensuring the dynamic development of open nanotechnology platforms in global coordinates;

- economic and mathematical assessment of the degree of influence of nanotechnological innovations on the international competitiveness of the World Triad countries (USA, Germany, China, Japan, Republic of Korea) in the context of monitoring country indicators of gross domestic expenditures on R&D, billion USD. USA; gross domestic expenditures on R&D, % of GDP; high-tech exports, mln. share of high-tech exports in total exports of industrial products, %; number of patent applications; value of fees for the use of intellectual property, billion US dollars. Based on the multivariate regression analysis using the Excel - Data analysis - Regression software product, the application of various types of equations describing econometric dependencies (linear, logarithmic, polynomial, power and exponential), checking the reliability of equations using Fisher's criterion, correlation and determination coefficients, and establishing the closest direct relationship between the dependent factor of GDP per capita and the indicators of high-tech exports and the value of fees for the use of intellectual property. Instead, the indicator of the share of high-tech exports in total exports of industrial products has negative coefficients for all analyzed countries, which indicates a negative trend in its impact on GDP per capita and points to the need for countries to reduce the value of their high-tech exports in order to maintain high international competitive positions in global markets;

developed:

- the conceptual and categorical apparatus for studying the place and role of nanotechnological innovations in the structural dynamics of the global market based on the substantiation of the author's detailed definition of the category

«nanoindustrialization», the content of which is a technological method of production (by means of specially formed nanostructures and controlled recombination of familiar objects and substance structures) of nanoproducts endowed with fundamentally new and previously unattainable chemical, physical and biological properties (superminiaturization; The ability to accommodate a much larger number of functional devices per unit area compared to traditional materials, the ability to work in areas inaccessible to other technologies, the absence of structural defects in nanoparticles, and the wide possibilities of using self-organization processes of nanosubstances to form special structures). It is substantiated that the fundamental processes of nanoindustrialization are a powerful driving force for the formation of the nanoindustry in the structure of the global production complex as a deeply integrated intersectoral complex of production, research and educational organizations of various forms of ownership, which are engaged in targeted activities to create and commercialize competitive knowledge-intensive nanoscale products with a high level of added value;

- identification of the dominant global trends in structuring the global nanotechnology market as a form of manifestation of nanotechnological transformations of the world economy: steady increase in the capitalization of the nanotechnology market and diversification of its subject structure; expansion of the shadow segment of the global nanomanufacturing; dynamization of research and development related to nanotechnological developments; expansion of international co-authorships in publishing activities; growth of business sector spending on research and development in the field of nanotechnology; deepening of inter-country asymmetries in the development of the nanotechnology market; intensification of the process of patenting; dynamic growth of employment and wages in the nanotechnology sector; increase in corporate venture capital financing of nanotechnology, etc. It is proved that these trends in their aggregate determine profound transformational changes in the world production system based on a significant expansion of existing technological platforms of national industrial sectors, which establishes qualitatively new parameters of international competitiveness of states in terms of their resource security;

- a panoramic characteristics of the country-regional models of state incentives for the nanotechnology industry (market (USA), integration-regional (EU countries) and emergent (China)) in international practice, with specification of their competitive advantages and disadvantages and justification of their vanguard role in the development of the nanotechnology segment of the global market. It is proved that the most developed model of state support for the nanotechnology sector in the United States of America is currently the most developed model due to the huge scale of its financing; diversified entity structure and deep cooperative interaction of various federal departments and agencies in the field of development and commercialization of nano-innovations; orientation of nanotechnology R&D to frontal and systematic mastery of the leading areas of scientific and technological progress; prompt patenting of scientific inventions; large-scale federal financial support for small businesses in the development of nanotechnologies; stimulating their scientific and technical cooperation with research institutions and further use of its results in the private sector. It is stated that in the last decade, competitive pressure has been rapidly increasing on the global nanotechnology market of China, which may become a new global center of economic and technological power in the near future;

- a systematic assessment of the efficiency of the nanotechnology segment of the innovation system of Ukraine *based on the disclosure of the main trends of its functioning* (extremely low level of knowledge intensity of the national GDP; dominance of public sources of funding for basic science against the background of extremely low participation of the private sector in the development of the national nanotechnology industry; insufficient public and private funding of nanotechnology R&D; their concentration mainly on the technological modification of existing materials; a small share of processing industry companies involved in the development and implementation of nanotechnology developments; rapid aging of domestic scientific schools; large-scale outflow of young researchers abroad; the lion's share of Ukrainian nanotechnology companies belonging to higher education and research institutions of natural sciences; their weak focus on serial production of nanomaterials, etc.) and *specifying the key inhibiting factors*: poor convergence of domestic and international standardization

systems in the field of nanotechnology; unsystematic national programs to support them; outdated national research infrastructure; temporary and short-term programs for the development of nanotechnology, lack of their complementarity and prolongation; insufficient integration of Ukrainian institutions into the global and European research space, significant bureaucratic and financial constraints on the internationalization of Ukrainian research and development, etc. It is proved that in their totality they have formed in Ukraine a self-sustaining mechanism for the production of nanotechnological products exclusively for industrial (and not final) use with a significant lack of proper organizational, economic and institutional drivers for the introduction of nanotechnological developments into mass production;

- substantiation of strategic directions of Ukraine's post-war integration into the global nanotechnology market *in terms of organizational and institutional, investment and financial, tax and administrative, information, educational, and transnational mechanisms*. It is proved that in their entirety they can significantly mitigate Ukraine's deep lagging behind global leaders in one of the breakthrough areas of global scientific and technological progress, as well as ensure the large-scale introduction of pioneering nanotechnologies into the national economy and significantly increase its innovative productivity.

The practical significance of the obtained results is that the main theoretical provisions, conclusions and recommendations formulated by the author in the dissertation can serve as a methodological basis for the development and implementation of effective mechanisms for Ukraine's integration into the global nanotechnology market. Scientific developments, conclusions, and practical recommendations of the author were applied by: Private joint-stock company «State joint-stock company «Medicines of Ukraine» (implementation certificate №186 dated 15.01.2024), Research Institute of Regional Management LLC (implementation certificate №23 dated 05.02.2024), Kyiv National Economic University in teaching the disciplines «International Economy», «International Management», and «European Integration» (implementation certificate dated 20.12.2023).

Keywords: globalization, digitalization, techno-globalization, innovative development, technologies, nanotechnologies, nanotechnology innovations, global market, industrial revolutions, Industry 4.0, nanotechnology networks.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та / або Web of Science:

1. Nikitin D., Otenko I., Hrabynskiy I., Lytvynenko A., Povoroznyk, M., The impact of the Covid-19 pandemic on the dynamics of financial instruments in the world trade. *Transactions on Business and Economics*. 2022. Vol. 19. P. 1748-1763. DOI 10.37394/23207.2022.19.158 (**Scopus**) (1 д.а., особисто автору належить 0,2 д. а.: обґрунтування впливу пандемії Covid-19 на зміну структури нанотехнологічного сектору).

2. Nikitin D., Kafka S., Bagatska K., Sapiński A., Zaitsev O. Mathematical modelling justification of financial and economic parameters of enterprises. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 9 (1). P. 6273-6277. DOI 10.35940/ijeat.A2149.109119 (**Scopus**) (0,6 д. а., особисто автору належить 0,1 д. а.: оцінка впливу інновацій на економічні параметри компанії).

У наукових фахових виданнях України:

3. Нікітін Д. Світові промислові революції як основа нанотехнологічних трансформацій. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 61-65. URL: <https://doi.org/10.32782/CMI/2022-3-11> (0,7 д. а.).

4. Нікітін Д. В. Теоретико-методологічні витоки інноваційних теорій. *Бізнес Інформ*. 2022. №5. С. 4-10. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-5-4-10> (0,8 д. а.).

5. Нікітін Д. Нанотехнологічне лідерство країн в контексті глобальних структурних трансформацій. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. №9 (09). С. 26-30. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.9-5> (0,7 д. а.).

6. Нікітін Д. Нанотехнологічний сегмент глобального ринку: азійська модель. *Економіка та суспільство*. 2023. №57. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-62> (0,6 д. а.).

7. Нікітін Д. Інноваційні екосистеми нанотехнологічних мереж в світових координатах. *Ефективна економіка*. 2024. №2. URL: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.91> (0,6 д. а.).

8. Нікітін Д. Глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій. *Економічний простір*. 2024. №189. С. 104-108. URL: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-19> (0,7 д. а.).

9. Нікітін Д. В. Диспозиція України на ринку нанотехнологій. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2024. №2 (43). URL: <http://www.easterneurope-ebm.in.ua/index.php/vipusk-43-2024> (0,5 д. а.).

В інших виданнях:

10. Нікітін Д. В. Вплив нанотехнологічних інновацій на динаміку глобального розвитку: дуалістичний підхід. *Colloquium-journal*. 2022. №17 (140), Część 2: Warszawa, Polska. С. 4-7. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1589502> (0,5 д. а.).

11. Нікітін Д. В. Циклічність промислових революцій в контексті еволюції розвитку інноваційних теорій. *Стратегічні пріоритети розвитку економіки, фінансів, обліку і права в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (м. Полтава, 15 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 11-12. (0,1 д.а.).

12. Нікітін Д. В. Аналіз системи глобальних видатків на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій. *Шістдесят шості економіко-правові дискусії*. Серія: Соціальні та гуманітарні науки (21.06.–22.06.2022 р.). URL: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-3983> (0,1 д. а.).

13. Нікітін Д. В. Нанотехнологічні пріоритети конкурентного розвитку ЄС у глобальних координатах. *Ефективне управління як двигун фінансово-економічного розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (м. Суми, 17 грудня 2023 р.). Східноєвропейський центр наукових досліджень. Research Europe, 2023. С. 67-69 (0,1 д. а.).

14. Нікітін Д. В. Формування державної політики у сфері підтримки нанотехнологій. *Modern strategies of global scientific solutions: матеріали V*

міжнародної науково-практичної конференції (м. Стокгольм (Швеція), 27-29 грудня 2023 р.). С. 149-151 (0,1 д. а.).

15. Нікітін Д. В. Повоєнна розбудова нанотехнологічного ринку в Україні. *Розвиток міжнародних економічних відносин в умовах глобальних викликів: матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (м. Ужгород, 3-4 травня 2024 р.). С. 152-155 (0,1 д. а.).

16. Нікітін Д. В. Нанотехнологічний сегмент вітчизняної інноваційної системи в контексті євроінтеграції. *Розвиток бізнесу в контексті європейської інтеграції: глобальні виклики, стратегічні пріоритети, реалії та перспективи: матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (м. Харків, 07 червня 2024 р.). С. 403-406 (0,1 д. а.).

17. Нікітін Д. В. Транснаціональні механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки. *Війна в Україні – виклик євроатлантичним цивілізаційним цінностям: матеріали міжнародної науково-практичної конференції* (м. Ужгород, 24-25 червня 2024 р.). С. 92-96 (0,2 д. а.).

ЗМІСТ

ВСТУП	20
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ	33
1.1. Генезис та еволюція теорій інноваційного розвитку	33
1.2. Циклічність промислових революцій – об’єктивна передумова нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва	48
1.3. Дуалістичний вплив нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку світогосподарського розвитку	71
Висновки до розділу 1	87
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У КОНФІГУРАЦІЇ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ	91
2.1. Глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій	91
2.2. Авангардна роль державних механізмів стимулювання наноіндустрії... ..	114
2.3. Нанотехнологічні мережі у глобальній інноваційній екосистемі.....	133
2.4. Економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав	152
Висновки до розділу 2	163
РОЗДІЛ 3. СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ У НАНОТЕХНОЛОГІЧНИЙ СЕГМЕНТ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ	169
3.1. Сучасні кількісні і якісні параметри розвитку вітчизняної наноіндустрії	169
3.2. Ключові напрями повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій	189
Висновки до розділу 3	209
ВИСНОВКИ	215
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	220
ДОДАТКИ	248

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Міжнародна економічна система, зазнаючи у першій чверті XXI ст. потужного впливу активного розгортання Індустрії 4.0, дедалі більшою мірою стає ареною фундаментальних структурних зрушень усіх етапів відтворення світового суспільного продукту. Вони пов'язані насамперед з динамічним інноваційним прогресом людства і формуванням його техноглобалізаційного ландшафту, системною діджиталізацією і платформізацією економічної діяльності, активним поширенням міжнародної електронної комерції та впровадженням у суспільне виробництво революційних науково-технічних розробок, розбудовою глобальної моделі міжнародного технологічного поділу праці та глибокою інтернаціоналізацією організаційно-технологічних відносин.

Спричиняючи всеохоплюючу дифузії технологічних інновацій на рівні усіх структурних ланок процесу суспільного відтворення та їх глибоку інтеграцію у глобальні вартісні ланцюги, Індустрія 4.0 висуває у світовий інноваційний авангард нанотехнології. Система впроваджених нанотехнологічних інновацій, формуючи ядро особливого – нанотехнологічного – укладу світової економіки, справляє найбільш потужний вплив на структурну динаміку глобального ринку, який суттєво перевищує наслідки появи і масового впровадження інформаційно-комунікаційних технологій. Вже сьогодні нанотехнології знаходять своє широке впровадження практично в усіх секторах світового виробництва та здатні вже у найближчі десятиліття у докорінний спосіб модернізувати організаційно-управлінську структуру економіки і виробництва, чинні принципи і мотивацію бізнес-діяльності, а також усю систему соціально-економічних відносин.

Економічна значущість нанотехнологій впливає насамперед з їх необмежених ресурсних можливостей щодо моделювання властивостей матеріалів та їх функціональних, експлуатаційних і споживчих характеристик, що вже сьогодні закладає подальші траєкторії розвитку світового промислового сектору, системи охорони здоров'я та ресурсоспоживання. Завдяки цьому перед світовою спільнотою відкриваються небачені раніше можливості вирішення глобальних

проблем людства, що актуалізує питання щодо розбудови державами національних наноіндустріальних секторів та забезпечення достатнього рівня інвестиційних капіталовкладень у їх розвиток.

Найбільш комплексне теоретико-методологічне розроблення питань щодо глобального інноваційного розвитку та процесів техноглобалізму, впливу нанотехнологій на структурну динаміку світогосподарського поступу та інструментів їх комерціалізації, стандартизації у сфері нанотехнологій та розвитку nanoосвіти, сучасних механізмів функціонування нанотехнологічного сегменту світового ринку, чинних практик державної підтримки нанотехнологій розкрито у працях таких вітчизняних і зарубіжних науковців як: Т. Абрахам, С. Айтхал, П.Ахаді, Ю. Бажал, Д. Белл, Н. Бут, Б. Бутко, Дж. Бхат, Т. Гардашук, Р. Гейссбауер, П. Герберт, Г. Гіббінс, Д. Глухова, Дж. Гупта, А. Даар, Е. Денісон, К. Дрекслер, В.Каган, М. Кизим, С. Ковальчук, М. Кондратьєв, В. Коч, Ю. Кравчик, В. Левицька, М. Лоренц, І. Матюшенко, А. Меддісон, Б.Мовчан, Дж. Мокір, В. Москаленко, Р.Нищик, Дж. Ніюсі, К. Павлов, Г. Пергаміт, З.Пересунько, К. Петерсон, А.Подрушняк, М. Проданчук, С. Рейд, Дж. Ріфкін, Н.Річмонд, Л. Розенфельд, А.Роміг, М. Салерно, Ф. Саламанка-Буентелло, Д. Сахал, Дж. Секстон, В.Слободкін, Р. Стротц, Н. Танігуччі, М. Теплюк, О. Фесенко, Р. Фрайтас, С.Халатур, Р. Харрод, Е.Хобсбаум, А. Хульман, І. Чекман, Т. Черницька, К. Шваб, О. Швиданенко, С.Шрауф, Й. Шумпетер, Д. Ярвіс та багато інших.

Однак, незважаючи на вагомий теоретико-методологічний доробок учених у дослідженні цієї надскладної й багатогранної наукової проблеми, ціла низка її теоретичних та практичних аспектів дотепер залишається недостатньо розкритою й обґрунтованою. Насамперед потребує системного узагальнення теоретичний арсенал дослідження нанотехнологічних інновацій. Актуальним на сьогодні є ґрунтовний аналіз чинних у міжнародній практиці механізмів їх розвитку, а також обґрунтування стратегічних пріоритетів інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій. Таким чином, комплексне дослідження ролі і місця нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобальної економіки набуває

значної теоретичної і практичної значущості, що обумовило вибір теми дисертаційної роботи, її об'єкт і предмет, мету і завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану науково-дослідної роботи Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана у рамках міжкафедральних науково-дослідних тем факультету міжнародної економіки і менеджменту «Стратегії національного розвитку в парадигмі глобальної економічної політики» (номер державної реєстрації 0111U007630) та «Глобальний економічний розвиток в умовах формування цифрового суспільства» (номер державної реєстрації 0121U114086). У їх межах автором особисто підготовлено розділи «Нанотехнологічна підсистема глобального інноваційного розвитку», «Зарубіжний досвід реалізації державної політики підтримки нанотехнологій» та «Ключові пріоритети інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій у повоєнний період».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування ролі і місця нанотехнологій у глобальному інноваційному прогресі, комплексна характеристика державних та корпоративних механізмів їх розвитку, а також обґрунтування стратегічних пріоритетів інтеграції України у світовий нанотехнологічний ринок.

Виходячи з мети дослідження, у роботі поставлено та вирішено такі конкретні завдання:

- розкрити генезис та еволюцію теорій інноваційного розвитку;
- обґрунтувати циклічну природу промислових революцій як об'єктивну передумову нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва;
- оцінити вплив нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку світогосподарського розвитку;
- комплексно охарактеризувати глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій;
- обґрунтувати авангардну роль державних механізмів у стимулюванні наноіндустрії;

- розкрити місце і роль нанотехнологічних мереж у глобальній інноваційній екосистемі;
- здійснити економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав;
- дати комплексну оцінку сучасним кількісним і якісним параметрам розвитку наноіндустрії України;
- обґрунтувати ключові напрями повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій.

Об'єктом дослідження є закони, закономірності та тенденції інноватизації глобального економічного розвитку.

Предметом дослідження є умови, чинники та механізми розвитку нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобальної економіки.

Методи дослідження. Дисертаційна робота ґрунтується на використанні принципу єдності теорії і практики та застосуванні інструментарію прогнозування розвитку економічних процесів на основі методу наукової абстракції. Для досягнення мети і розв'язання завдань дисертації були використані наступні методи наукового дослідження ролі і місця нанотехнологій у структурній динаміці глобального ринку: діалектичний метод (при розкритті економічного змісту категорій «нанотехнології» та «нанотехнологічний уклад», а також обґрунтуванні циклічної природи промислових революцій як об'єктивної передумови нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва: пп. 1.1, 1.2); історико-логічний метод (при розкритті генезису та еволюції теорій інноваційного розвитку: п. 1.1); системно-структурний аналіз економічних процесів та явищ (при обґрунтуванні дуалістичного впливу нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку світогосподарського розвитку та комплексній характеристиці глобальних трендів структуризації світового ринку нанотехнологій: пп. 1.3, 2.1); аналіз та синтез (при узагальненні досвіду держав – інноваційних лідерів у стимулюванні наноіндустрії, розкритті особливостей функціонування нанотехнологічних мереж у глобальній інноваційній екосистемі та обґрунтуванні ключових напрямів повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій: пп. 2.2, 2.3, 3.2);

метод кількісного та якісного порівнянь (при розкритті сучасних кількісних і якісних параметрів розвитку наноіндустрії України: п. 3.1); експертних оцінок та прогнозний (при здійсненні економетричного моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав: п. 2.4).

Інформаційною та статистичною базами дисертаційної роботи є монографічні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених-економістів з проблематики нанотехнологічних інновацій, технологічного глобалізму, функціонування національних інноваційних систем, структурних трансформацій світового господарства, формування глобального конкурентного середовища; матеріали й аналітичні звіти міжнародних організацій і дослідницьких агенцій (ОЕСР, Міжнародної організації зі стандартизації, ЮНІДО, Єврокомісії, Європейської Комісії з досліджень та інновацій, Науково-дослідного співтовариства з обслуговування інформаційного розвитку для підтримки європейських досліджень та інноваційного співробітництва CORDIS, Lux Research, Науково-дослідної організації «Albany Nanotech Complex» (США), Deloitte, KPMG, PwC, McKinsey & Company, AZO Nano, StatNano, Статистичного порталу Statista та ін.); результати наукових досліджень Національної академії наук України, Національної академії наук США, Міністерства внутрішніх справ США; офіційні матеріали Державної служби статистики України та ін.

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційного дослідження полягає у формулюванні автором нового концептуального підходу у дослідженні нанотехнологічних інновацій через призму структурної динаміки глобальної економіки, узагальненні світових практик державної підтримки нанотехнологій, а також обґрунтуванні стратегічних пріоритетів інтеграції України у нанотехнологічний сегмент світового ринку.

Нові наукові положення, одержані особисто автором, які виносяться на захист, полягають у такому:

удосконалено:

- теоретичні положення щодо дуалістичного впливу нанотехнологій на структурну динаміку глобального економічного розвитку *на основі розкриття їх економічних переваг* (створення принципово нових і модифікація існуючих товарів і послуг, багаторазове підвищення ефективності виробничих процесів, підвищення рівня світового суспільного добробуту, впровадження якісно нових засобів і методів ранньої діагностики системних і соціально небезпечних захворювань, налагодження вирощування штучних людських органів, прискорення процесу розроблення принципово нових лікарських засобів, медичних матеріалів і медичного обладнання та ін.) *та загроз* (розбалансування світогосподарських пропорцій, витіснення з ринку цілої низки традиційних видів економічної діяльності, трансформація просторової локалізації глобального виробництва, поглиблення міжсекторальних асиметрій у розподілі капітальних активів, послаблення дії механізму конкуренції, позбавлення національних урядів традиційних механізмів управління соціально-економічними і фінансовими процесами та ін.). Доведено, що подібного роду дуалізм актуалізує питання щодо реалізації у світових координатах системи базових принципів функціонування нанотехнологічного сегменту глобального ринку: транспарентності та суспільного контролю за процесом ухвалення управлінських рішень щодо використання нанотехнологій; наукової поінформованості та обов'язковості проведення міждисциплінарних громадських дискусій про можливий їх негативний вплив; дотримання наноетики, конфіденційності, приватності і поваги до особистого життя; захисту інтелектуальної власності; пріоритетності застосування нанотехнологій при розв'язанні найбільш актуальних глобальних проблем людства та досягненні глобальних цілей сталого розвитку;

- методологічні підходи до дослідження промислових революцій через призму їх циклічності як об'єктивної передумови нанотехнологічних трансформацій світового господарства. Доведено, що Четверта промислова революція, базуючись на фундаментальних процесах цифровізації, горизонтальної і вертикальної інтеграції виробничих процесів, впровадженні бізнес-структурами цифрових бізнес-моделей та розробленні комплексних технологічних рішень у

межах цифрових екосистем, технологічній платформізації бізнесу, злитті технологій та «розмиванні» бар'єрів між фізичними, цифровими і біологічними світами, здатна з сучасних методологічних позицій найбільш повно розкрити природу, рушійні сили та векторну спрямованість нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва;

- аналітичні підходи до комплексної характеристики сформованих у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж на основі: *розкриття їх суб'єктної структури* (академічні установи, університети, виробничі компанії, громадські і професійні спілки, науково-дослідні центри і лабораторії, дослідницькі і спеціалізовані організації, інвестиційні і венчурні компанії); *конкретизації ключових інструментів їх державного стимулювання* (пряме фінансування нанотехнологічних дослідницьких центрів та центрів колективного використання технологічного обладнання; підтримка міжфірмового мережевого співробітництва; реалізація програм державно-приватного партнерства в інноваційній сфері та ін.) та *ідентифікації головних особливостей функціонування нанотехнологічних науково-освітніх центрів*: їх перебування у статусі структурних підрозділів науково-дослідних центрів та університетських установ; спеціалізація на проведенні ДіР нанотехнологічного профілю та підготовці кваліфікованих спеціалістів для наноіндустрії; активне використання розгалужених освітніх платформ в рамках дослідницьких університетів; глибока інтеграція у горизонтальні та вертикальні інноваційні мережі; системна конвергенція і взаємодоповнення фундаментальних досліджень й навчального процесу. Доведено визначальну роль у процесах функціонування сучасних нанотехнологічних мереж систем колаборативного управління, котрі надають їм характеру інноваційних екосистем із залученням до них усіх структурних підсистем національних науково-виробничих оболонок, здатних забезпечити динамічну розбудову у глобальних координатах відкритих нанотехнологічних платформ;

- економіко-математичну оцінку ступеня впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав Світової тріади (США, Німеччини, Китаю, Японії, Респ. Корея) у розрізі моніторингових країнових

показників щодо валових внутрішніх витрат на ДіР, млрд дол. США; валових внутрішніх витрат на ДіР, % від ВВП; експорту високих технологій, млн дол. США; частки високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %; кількості патентних заявок; вартісного обсягу зборів за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США. На основі проведення багатфакторного регресійного аналізу з використанням програмного продукту Excel – Data analysis – Regression, застосування різних типів рівнянь, що описують економетричні залежності (лінійного, логарифмічного, поліноміального, степеневого та експоненціального), перевірки достовірності рівнянь за допомогою критерію Фішера, коефіцієнтів кореляції і детермінації встановлено наявність найтіснішого прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та показниками експорту високих технологій та вартісного обсягу зборів за використання інтелектуальної власності. Натомість показник частки високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції має від'ємні значення коефіцієнтів за усіма аналізованими країнами, що засвідчує негативний тренд його впливу на показник ВВП на особу та вказує на необхідність зменшення державами вартісних обсягів свого високотехнологічного експорту з метою утримання високих міжнародних конкурентних позицій на глобальних ринках;

дістало подальшого розвитку:

- понятійно-категоріальний апарат дослідження місця і ролі нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобального ринку на основі обґрунтування розгорнутого авторського визначення категорії «наноіндустріалізація», зміст якої полягає у технологічному способі виробництва (способом спеціально сформованих наноструктур та контрольованої рекомбінації звичних об'єктів і речовинних структур) нанопродукції, наділеної принципово новими і раніше не досяжними хіміко-фізичними та біологічними властивостями (супермініатюризація; здатність до розміщення на одиниці площі значно більшої, порівняно з традиційними матеріалами, кількості функціональних пристроїв; спроможність працювати у недоступних для інших технологій сферах; відсутність

у наночастинок структурних дефектів; широкі можливості використання процесів самоорганізації наноречовин для формування спеціальних структур), а також унікальними техніко-економічними, функціональними, експлуатаційними й споживчими характеристиками, котрі не можуть бути відтворені іншими групами представлених на ринку товарів-аналогів та товарів-субститутів. Обґрунтовано, що фундаментальні процеси наноіндустріалізації є потужною рушійною силою формування у структурі глобального виробничого комплексу наноіндустрії як глибоко інтегрованого на горизонтальному і вертикальному рівнях міжсекторального комплексу виробничих, науково-дослідних й освітніх організацій різних форм власності, котрі проводять цілеспрямовану діяльність щодо створення і комерціалізації конкурентоспроможної наукомісткої продукції нанорозмірного рівня з високим рівнем доданої вартості;

- ідентифікаційна характеристика домінуючих глобальних трендів структуризації світового ринку нанотехнологій як форми прояву нанотехнологічних трансформацій світового господарства: неухильне нарощування капіталізації ринку нанотехнологій та диверсифікація його суб'єктної структури; розширення тіньового сегменту світового нановиробництва; динамізація науково-дослідних робіт, пов'язаних з нанотехнологічними розробками; розширення міжнародних співавторських зв'язків у публікаційній діяльності; зростання витрат бізнес-сектору на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій; поглиблення міжкраїнових асиметрій у розвитку ринку нанотехнологій; активізація процесу їх патентування; динамічне зростання зайнятості та рівня оплати праці у нанотехнологічній сфері; нарощування масштабів корпоративного венчурного фінансування нанотехнологій та ін. Доведено, що зазначені тренди у своїй сукупності детермінують глибокі трансформаційні зміни світової виробничої системи на основі значного розширення діючих технологічних платформ національних промислових секторів, що закладає якісно нові параметри міжнародної конкурентоспроможності держав за рівнем їх ресурсної безпеки;

- панорамна характеристика діючих у міжнародній практиці країново-регіональних моделей державного стимулювання наноіндустрії (ринкової (США), інтеграційно-регіональної (держави Євросоюзу) та емерджентної (Китай)) з конкретизацією їх конкурентних переваг і недоліків та обґрунтуванням їх авангардної ролі у розбудові нанотехнологічного сегменту глобального ринку. Доведено, що найрозвинутішою на сьогодні є модель державної підтримки нанотехнологічного сектору Сполучених Штатів Америки завдяки величезним масштабам його фінансування; диверсифікованій суб'єктній структурі і глибокій коопераційній взаємодії різних федеральних департаментів й агенцій у царині розроблення і комерціалізації наноінновацій; орієнтації нанотехнологічних ДіР на фронтальне й системне опанування провідними напрямками науково-технологічного прогресу; оперативному патентуванню наукових винаходів; масштабній федеральній фінансовій підтримці малого бізнесу у розробленні ним нанотехнологій; стимулюванню його науково-технічного співробітництва з науково-дослідними установами та подальшому використанню його результатів у приватному секторі. Констатовано, що в останнє десятиліття стрімко наростає конкурентний тиск на світовий ринок нанотехнологій Китаю, який вже у недалекому майбутньому може стати новим глобальним центром економічної і технологічної влади;

- системна оцінка ефективності функціонування нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України на основі *розкриття головних тенденцій його функціонування* (український низький рівень наукомісткості вітчизняного ВВП; домінування державних джерел фінансування фундаментальної науки на тлі низької участі приватного сектора у розбудові вітчизняної наноіндустрії; недостатні обсяги державного і приватного фінансування нанотехнологічних ДіР; їх концентрація переважно на технологічній модифікації існуючих матеріалів; незначна частка компаній переробної промисловості, залучених до процесу розроблення та впровадження нанотехнологічних розробок; стрімке старіння вітчизняних наукових шкіл; масштабний відплив молодих наукових кадрів за кордон; належність лівової частки українських компаній-розробників

нанотехнологій до закладів вищої освіти та науково-дослідних інституцій природничого профілю; їх слабка зорієнтованість на серійне виробництво наноматеріалів та ін.) та конкретизації *ключових гальмуючих факторів його розвитку*: слабка конвергенція вітчизняної та міжнародної систем стандартизації у сфері нанотехнологій; несистемність загальнодержавних програм з їх підтримки; застарілість національної дослідницької інфраструктури; тимчасовість і короткостроковість програм розвитку нанотехнологій, відсутність їх комплементарності та пролонгуючого характеру; недостатній рівень інтеграції українських інституцій у глобальний та європейський дослідницький простір, збереження значних бюрократичних і фінансових обмежень в інтернаціоналізації українських досліджень і розробок та ін. Доведено, що у своїй сукупності вони сформували в Україні самопідтримувальний механізм виробництва нанотехнологічної продукції виключно для промислового (а не кінцевого) споживання зі значним браком належних організаційно-економічних та інституційних рушіїв для впровадження нанотехнологічних розробок у масове виробництво;

- обґрунтування стратегічних напрямів повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій у розрізі: *організаційно-інституційних, інвестиційно-фінансових, податково-адміністративних, інформаційних, освітніх та транснаціональних механізмів*. Доведено, що у своїй сукупності вони здатні суттєво пом'якшити глибоке відставання України від глобальних лідерів за одним з проривних напрямів світового науково-технічного прогресу, а також забезпечити масштабне впровадження у національну економіку піонерних нанотехнологій та суттєво підвищити рівень її інноваційної продуктивності.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що основні теоретичні положення, висновки і рекомендації, сформульовані автором у дисертаційній роботі, можуть слугувати методологічною базою для розроблення й імплементації ефективних механізмів інтеграції України у світовий ринок нанотехнологій. Наукові розробки, висновки і практичні рекомендації автора були використані: Публічним акціонерним товариством «Державна акціонерна компанія

«Ліки України» (довідка про впровадження № 186 від 15.01.2024 р.); ТОВ «Науково-дослідний інститут регіонального управління» (довідка про впровадження №23 від 05.02.2024 р.); а також Київським національним економічним університетом імені Вадима Гетьмана при викладанні дисциплін «Міжнародна економіка», «Міжнародний менеджмент» та «Європейська інтеграція» (довідка про впровадження від 20.12.2023 р.).

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, які викладені у дисертаційному дослідженні та виносяться на захист, одержані автором особисто.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на семи міжнародних і всеукраїнських наукових конференціях: міжнародній науково-практичній конференції «Стратегічні пріоритети розвитку економіки, фінансів, обліку і права в Україні та світі» (м. Полтава, 15 червня 2022 р.); науковій інтернет-конференції «Шістдесят шості економіко-правові дискусії» (21-22 червня 2022 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Ефективне управління як двигун фінансово-економічного розвитку» (м. Суми, 17 грудня 2023 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Modern strategies of global scientific solutions» (м. Стокгольм (Швеція), 27-29 грудня 2023 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток міжнародних економічних відносин в умовах глобальних викликів» (м. Ужгород, 3-4 травня 2024 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток бізнесу в контексті європейської інтеграції: глобальні виклики, стратегічні пріоритети, реалії та перспективи» (м. Харків, 07 червня 2024 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Війна в Україні – виклик євроатлантичним цивілізаційним цінностям» (м. Ужгород, 24-25 червня 2024 р.).

Публікації. Основні положення і наукові результати дослідження опубліковано дисертантом самостійно і у співавторстві у 17 працях загальним обсягом 7,5 д. а., у тому числі 3 статті у міжнародних виданнях, 7 статей у наукових фахових виданнях України, 7 публікацій в інших виданнях. Загальний обсяг опублікованого матеріалу, що належить особисто дисертанту, становить 6,2 д. а.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 201 сторінку комп'ютерного тексту. У тексті дисертації розміщено 27 рисунків на 20 сторінках, 20 таблиць на 15 сторінках, 12 додатків на 23 сторінках. Список використаних джерел налічує 295 найменувань на 27 сторінках.

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ

1.1. Генезис та еволюція теорій інноваційного розвитку

З другої половини XX ст. у структурній динаміці світового науково-технологічного прогресу, як безперервного процесу удосконалення техніко-матеріальної бази суспільного виробництва та його організації на основі реалізації наукових знань, починає чітко викристалізовуватись ціла низка якісно нових тенденцій інноватизації міжнародної економічної системи. Це насамперед широке впровадження у виробничі процеси біотехнологій і прогресивних методів менеджменту; їх комплексна автоматизація і механізація; генерування і практична реалізація економічними суб'єктами, котрі претендують на високий конкурентний статус на світовому ринку, якісно нових бізнес-моделей; а також активний пошук ними принципово нових видів сировини і матеріалів, здатних продукувати інноваційно-місткі види товарів з високою доданою вартістю і наперед заданими властивостями. У сукупності зазначені тенденції спричиняють докорінні зміни не тільки споживчих характеристик готових товарів, але й структури виробничих витрат компаній у сировинному і промисловому секторах національних економік, механізмів залучення світової сировинної бази у виробничі процеси, організаційних, товарно-видових й інституційно-регуляторних структур глобального ринку тощо.

Підтвердженням усталеності, довгостроковості й історичної незворотності даного фундаментального тренду є, зокрема, розрахунки М. Абрамовіца, згідно яких у Сполучених Штатах Америки – беззаперечному лідерові глобальної економіки – ще у період 1896-1953 рр. фактор технічного прогресу забезпечував 33% макроекономічного зростання, тоді як фактор праці – 48%, а фактор капіталу – 22% [202, с. 18]. Своєю чергою у структурі світового валового внутрішнього продукту частка економіки знань зросла з 10% у 1950 р. до 20% у 2000 р. (у

розвинутих країнах світу до понад 50% на кінець періоду) [4]; а на сьогодні питома вага інноваційних технологій у формуванні валового внутрішнього продукту держав-лідерів коливається в діапазоні від 70 до 90% [262, с. 235]. За оцінками ж Групи Світового банку з загальної вартості світового багатства (550 трлн. дол. США на початку XXI ст.) 66,3% (365 трлн) було створено людським капіталом, тоді як внесок відтворюваного і природного капіталу не перевищував відповідно 17,3% (95 трлн) та 16,4% (90 трлн) [220, с. 85].

Водночас розрахунки Е. Денісона засвідчують, що за умов розбудови постіндустріального суспільства науково-технічний прогрес трансформується з екзогенного в ендогенний чинник розвитку національних економік, забезпечуючи у Сполучених Штатах Америки в останні десятиліття до 50% сукупного макроекономічного зростання і близько 2/3 сукупного приросту продуктивності праці [36]. Є всі підстави стверджувати, що саме фундаментальні зрушення у виробничих технологіях докорінно модернізують не тільки економічне, але й політичне, соціальне і гуманітарне життя в усьому світі, суттєво спрощуючи і прискорюючи транскордонну дифузії технологічних інновацій, поглиблюючи міждержавне і міжфірмове науково-технічне співробітництво, розвиваючи віртуальні комунікації, удосконалюючи діючі системи електронного документообігу й онлайнсервісів та ін.

З огляду на виключну важливість інновацій у глобальних процесах виробництва конкурентоспроможної інтелектуально- і наукомісткої промислової продукції, а також їх перспективний потужний вплив на прибутковість фінансово-господарської діяльності бізнесових і підприємницьких структур ключового значення набувають питання щодо *розкриття генезису та еволюції інноваційних теорій*. Як поширена течія економічної, соціологічної і філософської думки, усі теорії даного класу об'єднує одна спільна риса – абсолютизація ролі науки і технологій у соціально-економічному прогресі суспільства, за якої масштабне застосування інноваційних розробок в економічній діяльності суб'єктів господарювання детермінує їх конкурентний статус на усіх сегментах глобального ринку та на усіх рівнях корпоративного управління у довгостроковій перспективі.

Дослідження еволюції теорій інноваційного розвитку дає змогу зробити висновок про те, що вони є продуктом історичного поступу людської цивілізації. Відтак – даний клас теорій перманентно зазнавав певних трансформацій за своєю методологічною сутністю щодо тлумачення механізму, факторів і динаміки інноваційного процесу відповідно до змін економічної і політичної систем суспільства. Так, з історії ми знаємо, що перші згадки про інноваційну діяльність можна знайти ще у працях таких давньогрецьких філософів як: Ксенофонт («Домобуд»), Платон («Політика»), Арістотель («Нікомахова етика») та інших мислителів минулого. Зокрема, у праці Ксенофонта уперше було обґрунтовано наукову ідею про суспільний поділ праці як інноваційний спосіб організації виробничих відносин. Як влучно зазначав з цього приводу сам філософ: «Зрозуміло, що людині, яка займається багатьма ремеслами, неможливо виконати все однаково добре... тож той, хто проводить час за виконанням обмеженої роботи ... може виконати її у найкращий спосіб» [264].

Економічна ж теорія підходить до дослідження інноваційної діяльності на різних рівнях та у кількох концептуальних площинах: меркантилізму і фізичної економії (як предтечі класичної політичної економії); класичної економічної школи; марксистської теорії (через призму відтворення суспільного продукту); а також неокласичного, інституційного й еволюційного напрямів інноваційної теорії (додаток А). Спробуємо розкрити внесок кожної із зазначених теорій у формування методологічних засад розуміння сутності інноваційного розвитку, його джерел та рушійних сил, а також визначити взаємозв'язок між ними з погляду взаємовпливу й історичної взаємодоповнюваності.

Що стосується *меркантилізму*, то даний напрям економічної теорії спирається на формальну логіку і причинно-наслідковий підхід у дослідженні сфери обігу. Економічне вчення меркантилістів, що ґрунтується на розкритті закономірностей нагромадження капіталу у міжнародній торговельній сфері та механізмів протекціоністської політики держав, розглядає зовнішню торгівлю і міждержавний ринковий обмін в якості основних джерел добробуту і багатства націй. Так, меркантилісти (А. Джевонезі, Д. Лоу, Т. Мен, А. Монкретьєн, Г. Скаруффі,

В.Стаффорд, Д. Стюарт, С. Фортрей [117; 188, с. 224-230; 173, с. 93-118; 69; 214, с. 323-324; 222, с. 41-54] та інші учені), вивівши за рамки аналізу процес безпосереднього виробництва, кваліфікували його лише як передумову багатства, хоча і з властивим представникам даної течії розумінням товарної природи матеріального добробуту держав. Попри звужений аналіз меркантилістами економічних процесів у межах методологічного формату сфери обігу та переважне вираження економічних інтересів торговельної буржуазії, їх основними заслугами (з погляду предмета нашого дослідження) є, з одного боку, піднесення проблеми продуктивної праці як основи суспільного розвитку, незалежно від пануючої суспільної форми виробництва, а з другого – виокремлення у структурі джерел багатства націй підприємництва і приватної ініціативи.

Характеризуючи внесок *фізіократів* (Н. Бодо, Ф. Кене, І. Тюнена, А.Тюрго та ін.) у розвиток теоретичного дискурсу інноватизації економічної діяльності, слід насамперед відзначити їх спирання на формальну логіку і застосування метафізичного підходу. Розвиваючи світоглядні і методологічні засади, спрямовані на відкриття природних законів в економічному бутті, фізіократи кваліфікують економічний розвиток суспільства як природний процес, жодною мірою не залежний від людської діяльності. Концентруючись на ключовому предметі дослідження – сфері виробництва у сільськогосподарському секторі – фізіократи першими усвідомлюють об'єктивну необхідність реалізації тут глибоких якісних змін з обов'язковим дотриманням принципів вільної конкуренції і вільного підприємництва. Останні, на думку Ф. Кене, не тільки не суперечать «внутрішньому порядку речей», але й здатні, як наголошує А. Тюрго, забезпечити у сукупності нарощування економічного потенціалу держав на основі розширення можливостей виробництва та створених державою сприятливих умов [148, с. 69, 162]. Водночас у працях фізіократів здійснюється комплексний аналіз відтворення не тільки матеріальних благ, але й суспільних класів (тобто виробничих відносин), що знайшло свого подальшого розвитку у працях К. Маркса при розробленні ним фундаментальної теорії суспільного відтворення.

На новий теоретичний рівень проблему інноваційного розвитку та визначення ролі інноваційних джерел у суспільному прогресі було піднесено у *класичній політичній економії* на основі перенесення аналізу у сферу виробництва. Так, вже у другій половині XVIII ст. до їх ґрунтового теоретичного обґрунтування суттєво наблизився представник англійської політекономії, економіст мануфактурного періоду А. Сміт у своїй фундаментальній праці «Дослідження про природу і причини багатства народів». Учений розглядає інноваційний прогрес через призму поділу праці, який, репрезентуючи організаційну інновацію, є, на його думку, основною рушійною силою зростання продуктивності суспільної праці та динамізації науково-технічного розвитку. З цього приводу він наголошує на такому: «Винахід усіх машин, що полегшують і скорочують працю, слід ... приписувати поділу праці» [171, с. 24], який, на думку А. Сміта, не тільки формує для працівників можливості максимальної концентрації на виконанні тих чи інших виробничих функцій, але й стимулює їх до удосконалення трудових навичок і майстерності, а також повного опанування своєю професією.

Саме останні, як свідчить світовий досвід, у багатьох країнах світу найчастіше втілювались у різного роду поліпшеннях виробничих процесів з причин підвищення професійної вправності працівників, збереження часу при їх переході від одного виду праці до іншого, а також впровадження у виробництво винаходів, здатних полегшити працю робітників і диверсифікувати їх професійні навички. Окрім того, А. Сміт наголошує на докорінних змінах, яких зазнають економіки під впливом поділу праці, з погляду розширення можливостей економічних суб'єктів щодо отримання найрізноманітніших товарів – результатів чужої праці в обмін на свої продукти [223, с. 72, 74]. Тож з цього часу у світовому теоретичному дискурсі дедалі більшою мірою утверджується ідея щодо економічної доцільності і визначальної ролі науково-технічного прогресу у розвитку виробництва, який формує стійку основу для зростання продуктивності праці, підвищення рівня матеріального добробуту громадян та системної механізації праці.

У розвиток теоретичних напрацювань А. Сміта Д. Рікардо обґрунтовує наявність чітко вираженого причинно-наслідкового зв'язку між рівнем

економічного розвитку держав і ступенем освіченості населення та доводить об'єктивну необхідність приведення розміру заробітних плат працівників у відповідність з їх професійними здобутками та обсягами понесених витрат на здобуття освіти. Будучи переконаним у тому, що у міру зростання заробітної плати працівників капітал дедалі більшою мірою заміщує робочі місця машинами, учений цілком аргументовано доводить, що «машини і праця перебувають у стані постійної конкуренції» [152, с. 479], а самі інновації є нейтральними відносно впливу на процентні ставки, заробітну плату та обсяги виготовленої продукції. Йдеться насамперед про певне «переплетення» у Д. Рікардо теорії цінності і теорії розподілу, коли «цінність товару, або кількість якогось іншого товару, на який він обмінюється, залежить від відносної кількості праці, необхідної для його виробництва, а не від більшої чи меншої винагороди, що виплачується за цю працю». Як бачимо, вже у той далекий час Д. Рікардо актуалізує питання щодо необхідності усебічного стимулювання з боку суспільства інноваційної праці з метою подолання такого негативного явища як «брак освіти в усіх верствах народу».

Аналізуючи передпарадигмальний етап розвитку теоретичного дискурсу процесів інноватизації виробничих процесів, не можемо оминати увагою творчий доробок Ж. Кондорсе – відомого французького просвітителя, великого прихильника фізіократів в економічних питаннях. Доцільно зауважити, що ключові особливості його філософсько-історичної теорії випливають з розроблення її методологічних засновків саме у період породження індустріальною епохою кінця XVIII ст. якісно нового типу індивідуума – економічної особистості. Остання, реалізуючи у тогочасну добу адекватні їй мотиваційні установки економічної діяльності, з принципово нових позицій розглядала такі базові інститути як суспільство, держава, влада, індивідуум, а також взаємини між ними.

Так, у своїй праці «Ескіз історичної картини прогресу людського розуму» [29], що вийшла друком у 1795 р., Ж. Кондорсе порушує фундаментальну тему впливу науки на промисловий сектор як базу індустріальної системи господарювання. Перебуваючи під потужним впливом філософських поглядів Ж.-Ж. Руссо та

А.Тюрго, учений акцентує свій дослідницький інтерес на питаннях історичного прогресу людства, його закономірностях, етапах і рушійних силах. Пов'язуючи виокремлені ним десять історичних епох (у шести з яких учений застосовував періодизацію європейської історії на три періоди: стародавній, середньовічний та новий час [29, с. 107-109]) з етапами розвитку людського розуму, Ж. Кондорсе розкриває роль господарських, політичних і науково-технічних факторів у динаміці суспільного розвитку та наголошує на тому, що «прогрес наук забезпечує прогрес промисловості, який сам згодом прискорює наукові успіхи; і цей взаємний вплив, дія якого безупинно поновлюється, має бути зарахований до найбільш діяльних, найбільш могутніх причин вдосконалення людського роду» [29, с. 250].

Попри постійну увагу, що її приділяли науковці різних держав проблемі інноваційного розвитку економіки упродовж усього XIX ст., а також наявність доволі ґрунтовних її досліджень, комплексного наукового аналізу даної проблеми не існувало практично до початку XX ст. Справа в тому, що даний період теоретичного дискурсу інноваційних процесів став своєрідною реакцією світової науки на тогочасні фундаментальні зміни у системі світового господарства, а саме: завершення формування його зрілої моделі та глибоку технологічну модернізацію; активізацію процесів концентрації і централізації капіталу; прискорення темпів нагромадження розвинутими країнами світу багатства; наростання асиметрій у технологічному розвитку держав і регіонів; а також динамічну інноватизацію міжнародної економічної системи. Зазначені процеси спричинили, як ми знаємо, значне підвищення продуктивності праці та висунення у світовий економічний авангард тих країн і регіонів, котрі у числі перших змогли опанувати інноваційними технологіями, впровадити ефективні управлінські підходи у практику ведення господарства та усі сфери людської життєдіяльності.

Не випадково, історично першою науковою теорією у трактуванні природи і рушійних сил інноваційного розвитку суспільства став у кінці XIX – на початку XX ст. *марксизм*. Принагідно відзначимо, що марксистська теорія розвитку економіки і суспільства базується на історико-логічному і діалектико-матеріалістичному методах дослідження даних процесів, згідно яких останні

розглядаються через призму природно-історичних процесів. Концентруючись у своєму аналізі на методологічних питаннях процесу суспільного відтворення, К. Маркс розробляє теорію доданої вартості, обґрунтовуючи на її основі сутнісний зміст і ключові механізми інноваційного розвитку. Останній кваліфікується ученим як закономірний результат дії всезагального економічного закону адекватності виробничих відносин рівню й характеру продуктивних сил, який, як відомо виражає «внутрішньо необхідні, сталі і суттєві зв'язки між прогресом продуктивних сил та еволюцією відносин економічної власності, а також зворотну дію цих відносин на розвиток продуктивних сил» [213, с. 534].

Виходячи з цього, інновації у розумінні К. Маркса з другорядного чинника економічного прогресу суспільства трансформуються у вирішальний фактор структурної динаміки виробничих відносин і продуктивних сил під впливом антагоністичного загострення суперечностей між правами власності на засоби виробництва і сформованими новими технологіями виробничими відносинами. Так, ще у першому томі своєї фундаментальної праці «Капітал», в окремому розділі «Машини та велика промисловість» К. Маркс відводить чільне місце комплексному аналізу взаємодії машин і працівників [264]. Учений наголошує на тому, що техніка у жодний спосіб не призначена для полегшення праці робітників, а є засобом створення доданої вартості способом скорочення тривалості робочого дня працівника, а відтак – економії фонду заробітної плати, що припадає на виробництво одиниці продукції [25]. Завдяки дії даної закономірності на тлі динамічного розвитку техніки і механізації виробничих процесів працівники здатні виробляти упродовж того самого часу та за ту ж саму заробітну плату значно більші обсяги продукції, що перетворює їх на придаток машини [25].

У К. Маркса була своя, дуже характерна, система поглядів і на процеси суспільного відтворення інновацій, котрі, на його думку, забезпечують тісний взаємозв'язок між наукою, технікою, виробництвом і підприємництвом. Подібний методологічний засновок ліг в основу і дослідження ученим процесу технологічної динаміки через призму нерівномірності (стрибкоподібності чи сучасними словами асиметричності) впровадження у господарську практику нововведень. На цій

основі К. Марксом обґрунтовується ключова наукова ідея щодо досягнення інноваціями на певному етапі суспільного поступу критичної маси, здатної не тільки «перезавантажити» економічну систему на принципово новій технологічній парадигмі, але й перевести її на якісно вищий щабель розвитку. Ще одним виміром методологічної цінності марксизму у дослідженні інноваційних процесів є їх кваліфікація в якості найважливішої характеристики капіталістичної ринкової економіки, хоча і з притаманними лише їм рисами і характеристиками. Попри небачену інтенсифікацію розвитку науки і техніки у ринкових умовах, конкуренція виявляється нездатною забезпечити ефективний вплив стихійного ринкового механізму, що актуалізує питання щодо активізації дій держави у царині стимулювання процесів нагромадження капіталу.

Віддаючи належне здійсненому марксизмом внеску у розвиток теоретичного дискурсу процесів інноватизації, не можемо не відзначити його доволі вузького ідеологічного формату та абсолютизацію ідеї класової боротьби. Це суттєво обмежує аналітичні рамки дослідження науково-технічного прогресу, а неврахування марксизмом перспективних можливостей щодо формування нових глобальних центрів інноваційного суперництва певною мірою зменшує його теоретико-методологічний ресурс [276, с. 21, 22]. Саме остання обставина, як ми можемо тепер спостерігати, красномовно виявляється сьогодні у небаченому посиленні науково-технічного протистояння Сполучених Штатів Америки і КНР, що стало наслідком динамічного нарощування Китаєм міжнародної конкурентоспроможності у таких сферах як штучний інтелект, робототехніка, квантові інформаційні системи, системи енергозбереження, безпроводний зв'язок 5G тощо. У результаті усі ми на сьогодні є свідками формування якісно нових умов конкуренції національних інноваційних систем країн, котрі з метою посилення своїх позицій у глобальному науково-технічному прогресі дедалі більшою мірою орієнтуються на динамічний розвиток відкритих інновацій, збільшення витрат на дослідження і розробки (ДіР), а також всебічне стимулювання інноваційної кооперації національних інноваційних фірм із зарубіжними партнерами.

У загальному руслі теоретичного дискурсу процесів інноватизації економічної діяльності у першій половині XX ст. активно розвивається *неокласичний напрям економічної теорії*. Він знайшов свого найглибшого методологічного розроблення у працях цілої плеяди таких всесвітньо відомих науковців як: М. Бредлі, Ц. Гріліхіс, Е. Денісон, Д. Джоргенсон, К. Ерроу, Дж.Кларк, А. Маршалл, Дж. Мід, В. Парето, Р. Солоу, Я. Тінберген, М. Фрідмен, Р. Харрод [28; 172; 146; 187; 51; 107; 68; 147] та багатьох інших. Відмітними і притаманними лише неокласичній школі рисами дослідження рушійних сил, механізмів і напрямів інноваційного розвитку суспільства є, з одного боку, обґрунтування впливу науково-технічного прогресу на динаміку макроекономічного зростання країн на основі застосування математичного й економетричного інструментарію; а з другого – виокремлення у структурі факторів виробництва й економічного розвитку екзогенного інноваційного чинника¹. Так, ключовий висновок теорії інновацій Е. Денісона полягає в тому, що результативність виробничих процесів напряму залежить не тільки від продуктивності праці і капіталу, але й таких чинників як: зростання працевитрат (з часткою у 32% у структурі факторів економічного зростання), інноваційна діяльність (28%), капітальні вкладення (19%), освіта і професійна підготовка працівників (14%), економія на масштабах виробництва (9%), поліпшення системи ресурсного розподілу (7% відповідно) [37, с. 30].

Окрім того, на відміну від своїх попередників, представники неокласичної школи широко застосовують у своїх дослідженнях мікро- й макроекономічні підходи з проведенням моделювання впливу на економічний розвиток інноваційних і кон'юнктурних чинників, у тому числі грошового фактору економічної рівноваги. Так, у розроблених Р. Солоу, Я. Тінбергеном, Р. Харродом, Є. Домаром, Дж. Мідом та Т. Своном математичних моделях економічного зростання ученими було здійснено економетричну інтерпретацію впливу на макроекономічне зростання держав інвестицій, праці та технологічних інновацій.

¹ Примітка.

Тобто науково-технічного прогресу, який розглядається як зовнішній, відносно економічної системи суспільства, чинник.

Вона підтвердила наявність у відкритих економік держав неперевершених конкурентних переваг в частині здобуття широких можливостей диверсифікації джерел фінансово-господарського розвитку та значного підвищення у такий спосіб конкурентних позицій на різних сегментах світового ринку.

Заслугою неокласиків у концептуалізації процесів інноваційного розвитку є також обґрунтування й оцінка рівня взаємозв'язку між динамікою макроекономічного зростання держав та вартісними обсягами інвестиційних капіталовкладень у розвиток людського капіталу (модель Р. Лукаса), а також витратами на дослідження і розробки (модель П. Ромера. На цій основі було зроблено важливий висновок щодо потужного впливу зазначених факторів на конкурентні позиції держав на глобальній економічній карті, що було підтверджено усіма наступними етапами розвитку світової економічної історії.

Хоча зародження теорій інновацій у першій чверті XX ст. було пов'язане з динамічним розвитком у цей період техніки і науково-технологічного прогресу, існуючі теоретичні підходи до розуміння філософії розвитку інноваційних процесів (з погляду їх рушійних сил, механізму дії і векторної спрямованості) дотепер перебувають у постійному динамічному стані, перманентно трансформуючись у відповідності до структурних трансформацій глобальної економічної системи. При цьому принциповою відмітною ознакою сучасного етапу розвитку теорій інноваційного розвитку є їх базування на *інституційній парадигмі*. Остання, як відомо, заперечує можливості реалізації економічними суб'єктами раціональної інноваційної політики без урахування потужного впливу на неї інституційного середовища, яке й дотепер нерідко ігнорується при розробленні довгострокових інноваційних програм [155].

З-поміж учених-інституціоналістів, котрі зробили найвагоміший внесок у розвиток теоретичного дискурсу інноваційної економіки, слід відзначити насамперед Дж. К. Гелбрейта, який розробив теорію технократичного детермінізму; П. Друкера (теорія інформаційного працівника); Е. Тофлера (теорія «третьої хвилі»); Д. Белла (теорія постіндустріального суспільства); Р.Коуза, Д.Норта, Р. Нельсона, С. Уінтера (теорія інституційних й еволюційних змін) та ін.

Усі зазначені учені у своїх дослідженнях, що базуються на еволюційному і міждисциплінарному підходах, принципах індивідуалізму і холізму, методах індукції і дедукції, концентрують головну увагу на позаекономічних чинниках інноваційного прогресу суспільства. Останні розглядаються на рівні різного роду тісно пов'язаних між собою соціальних інститутів (формальних і неформальних), здатних забезпечити його суттєву активізацію. В інституційній інноваційній теорії такими соціальними інститутами є знання й інформація, які до того ж розглядаються в якості унікальних й невідтворюваних основних виробничих ресурсів, вироблених індивідуумами, для яких матеріальні стимули не є основними в економічній діяльності [224, с. 41].

Так, теорія постіндустріального суспільства Д. Белла була розроблена на основі трансдисциплінарного узагальнення методологічних засновків цілої низки економічних, соціальних і політичних концепцій. На цій основі було ідентифіковано такі ключові риси постіндустріального суспільства, як-от: перехід економічної системи суспільства від виробництва товарів до сервісної індустрії; домінування у професійній структурі сукупної робочої сили висококваліфікованих професійних працівників і техніків; ухвалення управлінських рішень на основі застосування інтелектуальних технологій; орієнтація суспільного виробництва на впровадження методів контролю й оцінки перспективних напрямів технологічного розвитку; пріоритетність теоретичних знань у процесі впровадження інновацій в усі сфери людської життєдіяльності [224, с. 41].

Комплексне узагальнення методологічних засновків інституційної теорії щодо обґрунтування філософії розвитку інноваційних процесів дає змогу зробити кілька узагальнюючих висновків:

- по-перше, інноваційна економіка кваліфікується через призму історико-логічного підходу як якісно новий етап розвитку суспільно-економічної формації, що базується на високих технологіях та їх системному впровадженні в усі сфери людської життєдіяльності;

- по-друге, головною рушійною силою розширеного відтворення суспільного продукту є знання як пріоритетний фактор виробництва, джерело технологічних нововведень та ключове мірило якості людського капіталу;

- по-третє, на масштаби і структурну динаміку інноваційного прогресу людства головний вплив справляє інституційна система, яка детермінує стратегічні напрями формування знань і навичок, необхідних для макроекономічного зростання держав;

- по-четверте, суспільне виробництво в умовах науково-технічних революцій об'єктивно потребує підвищення гнучкості і децентралізації при ухваленні управлінських рішень, що актуалізує питання щодо витіснення жорсткої системи державного контролю запровадженням ефективних механізмів ринкового саморегулювання зі створенням необхідної для цього інституційної системи.

Грунтовні теоретико-методологічні витоки наукових досліджень процесів інноваційного розвитку світового господарства пов'язані із зародженням у першій чверті ХХ ст. *еволюційної економічної теорії*, найглибше розроблення якої знаходимо у працях Г. Касселя, А. Кляйнкнехта, М. Кондратьєва, С.Кузнеця, Е.Менсфілда, Г. Менша, Д. Сахала, Г. Хаберлера, Й. Шумпетера [26; 89; 90; 163; 164; 65; 156; 88; 93; 104] та багатьох інших учених. Їх праці об'єднує одна спільна риса – концентрація основного дослідницького інтересу на інноваційному компоненті суспільного поступу. На подібного роду методологічному засновку Й.Шумпетер, як фундатор інноваційної теорії, обґрунтовує концептуальну модель економічного розвитку як процесу «комбінування будь-яких речей і сил», яке у кінцевому рахунку стає причиною отримання чогось іншого, аніж те, що було спочатку, тобто інновацій.

У більшості випадків «нові комбінації» (або компанії, фірми та промислові підприємства, що їх втілюють) на початкових етапах інноваційних процесів не просто витісняють, на думку Й. Шумпетера, старі комбінації, а співіснують поряд з ними, спричиняючи дискретність економічного розвитку [164, с. 159] як незворотних і закономірних змін технологічного способу виробництва [215, с. 283]. Водночас «нові комбінації», перемагаючи у конкурентній боротьбі зі старими

комбінаціями, перебирають на себе засоби виробництва останніх [164, с. 161], залучаючи на ці цілі кредитні ресурси. Таким чином, «нові комбінації» є результатом не тільки технічного компоненту (тобто заданого фізичними властивостями матеріальних об'єктів і можливостями продуктивності праці), але й визначеного ринковими потребами економічного компоненту виробництва, за яких «економічна логіка перемагає технічну» з докорінною модифікацією «ідеальної технічної картини, яка не враховує економічних умов» [164, с. 72, 83].

З огляду на це, процес економічного розвитку у трактуванні Й.Шумпетера охоплює п'ять випадків: виготовлення нового блага чи удосконалення якісних кондицій існуючих благ; впровадження нових способів виробництва товарів і послуг; освоєння нових ринків збуту продукції; отримання нових джерел сировини чи напівфабрикатів; проведення відповідної реорганізації ринків і підприємств. При цьому учений рішуче відкидає неокласичні уявлення про поступовий та лінійний характер економічного розвитку та обґрунтовує наукову ідею щодо нерівномірності і дискретності динаміки зростання національного продукту держав, обумовлених, на думку ученого, існуючими асиметріями в опануванні країнами виробництва принципово нових інноваційних продуктів.

Однак, найважливішим, з погляду розуміння економічної природи і рушійних сил науково-технічного прогресу, є висновок Й. Шумпетера про його суперечливий й асинхронний характер. Йдеться насамперед про диспропорційність структурної динаміки різних секторів економіки з причин періодичної концентрації у них інноваційних розробок та формування сприятливого середовища для їх впровадження у масове виробництво. При цьому обґрунтовується теза про те, що впровадження будь-якої значної інноваційної розробки спричиняє наростання диференціацій у нормі прибутку підприємців-інноваторів та інших економічних суб'єктів, що має своїм наслідком формування «нових» секторів економіки з інтенсифікацією процесів нагромадження в них інвестиційного капіталу [276, с. 26].

З погляду об'єкта нашого наукового дослідження ключові методологічні положення еволюційної економічної теорії, з позицій її теоретичного базису та практичної імплементації, можна узагальнити у такий спосіб:

- по-перше, дана теорія заклала базові методологічні основи всезагальної теорії інновацій на основі розкриття механізму впливу науково-технічних розробок як на впроваджувані у суспільному виробництві технології, так і на динаміку макроекономічного зростання країн та інші сфери суспільного розвитку через призму його циклічності;

- по-друге, трактування економіки як системи, що саморозвивається, у межах якої інновації є ендогенним фактором економічного прогресу і його основним драйвером, здатним забезпечити глибокі якісні зміни структурних підсистем економічної системи суспільства;

- по-третє, кваліфікація підприємця як генератора інновацій, який впроваджує у суспільну практику результати науково-технічного прогресу та здатен у такий спосіб порушити рівноважний стан економічної системи суспільства, переводячи її на вищий щабель розвитку;

- по-четверте, еволюційний поступ суспільства являє собою його здатність нівелювати вплив чинників, котрі гальмують суспільний розвиток, та забезпечувати пріоритет більш ефективних способів адаптації до нового середовища [274, с. 165].

Ще одним важливим методологічним засновком еволюційної економічної теорії, з точки зору дослідження нами теоретичного дискурсу процесів наноіндустріалізації, є запровадження у науковий обіг понять епохальних (чи базисних) та поліпшуючих інновацій, що сформувало принципово новий методологічний зріз концептуалізації інноваційного розвитку суспільства. Йдеться про те, що саме епохальні інновації, на думку лауреата Нобелівської премії 1971 р. С. Кузнеця, народжуються один раз у кілька століть та знаменують собою перехід суспільства до принципово нового способу виробництва на основі «перезавантаження» його базису на якісно новій технологічній парадигмі.

Підбиваючи підсумок проведеного дискурсного аналізу, узагальнення і структуризації основних концепцій і теорій, які розкривають сутнісну природу і рушійні сили інноваційного розвитку суспільства, слід відзначити, що проблематика інноваційного розвитку суспільства вже багато десятиліть перебуває

в центрі уваги багатьох учених. Кожна з теорій і концепцій, маючи свої конкурентні переваги та методологічні вади, виконала у свій час важливу функцію у формуванні наукових поглядів на дану проблему. В останні десятиліття у її теоретичному дискурсі спостерігається небачений сплеск наукового інтересу, що пов'язано з системним впливом науково-технічного й інноваційного прогресу на результативність фінансово-господарської діяльності економічних суб'єктів. З погляду дослідження процесів наноіндустріалізації найбільшу кількість раціональних елементів містить еволюційна інноваційна теорія, що є найбільш адекватною «концептуальною матрицею» для системного обґрунтування її сутності і рушійних сил розвитку. Крім того, еволюційна інноваційна теорія найбільшою мірою здатна до розроблення сучасної теоретико-методологічної бази для комплексного дослідження процесів переходу світового виробництва на нанотехнологічні розробки, здатні піднести його на якісно вищий щабель розвитку.

1.2. Циклічність промислових революцій – об'єктивна передумова нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва

В сучасних організаційно-економічних й інституційних умовах функціонування світового господарства наноіндустріалізація об'єктивно вимагає від суспільства формування адекватних їй економічних і соціальних відносин, ринкових інститутів і технологічного способу виробництва, рівня диференціації соціально-трудових відносин, механізмів реалізації і форм управління виробничою діяльністю, обліку й контролю витрат виробництва, а також регулювання ринкового обігу товарів з особливими наноознаками. За своєю сутнісною природою зазначені процеси передбачають глибокі структурні трансформації світового господарства з розбудовою якісно нових його компонентів і взаємозв'язків між ними, що свідчить про перехід міжнародної економічної системи на вищий щабель інноваційного розвитку. Матеріальною основою подібного роду трансформаційних змін є циклічна зміна *промислових революцій*, під якими ми розуміємо сукупність технічних, технологічних, соціально-економічних й інституційних змін, що

спричиняють перехід капіталістичного способу виробництва на якісно нову технологічну основу способом докорінних змін у техніці і технології, системах організації й управління виробництвом, а також удосконалення засобів виробництва, системи виробничих відносин і соціальної структури суспільства.

З історії ми знаємо, що кожна промислова революція, об'єднуючи сукупність різного роду взаємопов'язаних інновацій, технологій і принципів організації економічної діяльності, має свої об'єктивні передумови, характеризується специфічними рисами та системою факторів, котрі впливають на неї і визначають її структурну динаміку. В основі еволюційного розвитку промислових революцій та етапності їх приходу на зміну одна одній лежить об'єктивно існуюча суперечність між потребами підвищення продуктивності суспільної праці, з одного боку, та неспроможністю пануючого технологічного способу виробництва їх забезпечити у результаті вичерпання свого ресурсу, з другого. За умов досягнення зазначеною суперечністю антагоністичного рівня, дальший розвиток світового господарства у рамках діючого технологічного способу виробництва стає неможливим, а отже – відбувається його перехід на якісно нову техніко-технологічну парадигму. Цей перехід супроводжується повним «перезавантаженням» світової системи відтворення суспільного продукту з формуванням у її виробничій структурі нових секторів економіки, докорінними змінами економічного й інституційного механізмів господарської системи на усіх рівнях її функціонування (мікро-, мезо-, макро-, мега-), становленням якісно нових форм і рівнів організації виробничих відносин, розбудовою нових взаємозв'язків між секторами, системною модернізацією базових технологій і ринкових інститутів, глибоким реформуванням діючих режимів макроекономічного і фінансового регулювання.

Не випадково, кожна промислова революція зароджувалась, як ми знаємо, на хвилі радикальних інновацій, котрі, кидаючи виклик застарілим елементам технологічного способу виробництва, були ключовим драйвером структурної модернізації світової економічної системи та її збагачення якісно новими техніко-технологічними й інноваційними компонентами. І хоча соціальний попит на

подібного роду радикальні інновації з'являється, головним чином, у періоди соціально-економічних криз, життєвий цикл кожної промислової революції триває до тих пір, поки зберігаються ресурсні можливості для прибуткових інвестиційних капіталовкладень у розширення її базових виробництв, причому спочатку у національних, а згодом – і міжнародних масштабах [276, с. 92, 93]. При цьому у міру переходу від однієї промислової революції до іншої спостерігається значне скорочення періоду їх домінування, що обумовлено як значним прискоренням світового науково-технологічного прогресу, так і загальним скороченням тривалості науково-виробничих циклів.

Важливо зазначити, що обґрунтовані західними науковцями причини хвилеподібності світового науково-технологічного процесу, у контексті розуміння філософії розвитку процесів наноіндустріалізації, потребують глибокого методологічного узагальнення через призму *еволюційного поступу промислових революцій*. Так, у свій час ще К. Маркс і Ф. Енгельс, трактуючи змістовну сутність промислових революцій, наголошують на їх трансформаційній природі та величезних соціальних наслідках, які виявляються у переході виробництва від одного технологічного способу виробництва до іншого, від одного історичного етапу у розвитку техніки до іншого [109, с. 382-392]. Сам же розвиток технологій відбувається, на думку К. Маркса, у тісному зв'язку з соціально-економічними і виробничими процесами, коли «машинна праця як революціонізуючий елемент безпосередньо викликається до життя перевищенням потреби над можливістю задовольнити її колишніми засобами виробництва» [61]. За влучним висловом Ф.Енгельса, «промислова революція має таке ж значення для Англії, як політична – для Франції», коли «найважливішим дітищем даного промислового перевороту є зародження англійського пролетаріату» [108, с. 256]. В аналізі ж соціальних наслідків промислової революції в Англії основна увага Ф. Енгельса прикута до положення робітничого класу у суспільстві під впливом активного розвитку цієї державі у період 1830-1840-х років робітничого руху та чартизму як першого в історії масового й політично оформленого пролетарського революційного руху.

Своєю чергою, англійський історик й економіст А. Тойнбі першим у світовій історіографії обґрунтовує цілісну концепцію промислових революцій, оскільки до першої половини XIX ст. дану категорію ще не було навіть запроваджено у науковий обіг. Так, у своїй праці «Лекції про промислову революцію в Англії», що вийшла друком у 1883 р. [190], учений кваліфікує промислову систему як породжену капіталізмом принципово нову схему господарських, торговельних і суспільних відносин, наголошуючи на тому, що сутність промислової революції полягає у «заміні середньовічної системи регламентації, якій підпорядковані виробництво та розподіл багатства, конкуренцією». При цьому за точку відліку промислових революцій А. Тойнбі бере 1760 р., наполягаючи на тому, що до цього часу «в Англії трималася стара промислова система, коли жоден значний механічний винахід ще не був впроваджений» [190].

Зазначимо, що висока популярність наукових праць А. Тойнбі стала потужним поштовхом до зародження у кінці XIX ст. світової економічної історії. Її фундатором є англійський учений У. Каннінгем, з іменем якого пов'язується дальший розвиток теорії промислових революцій. Пов'язуючи передумови першої промислової революції з початком Великих географічних відкриттів і міждержавною конкурентною боротьбою за колонії, учений наголошує, що переможцем у цій боротьбі стала Англія [34, с. 1]. Відкриття для цієї країни ринків Сходу і Нового Світу на тлі її відмови від національної економічної політики на користь космополітичної економічної системи власне і призвело, на думку У.Каннінгема, до загальносвітового поширення техніко-технологічних результатів промислового перевороту в Англії [34, с. 223-229]. Ототожнюючи поняття «промислова революція» та «промисловий переворот», учений наголошує на основній функції останнього, а саме: поширенні промислових поліпшень в усьому світі [34, с. 223-224]. Інакше кажучи, вже у той далекий час У. Каннінгем обґрунтовує важливу наукову ідею щодо міжнародного науково-технологічного трансферу, здатного підвищити спроможність держав виробляти високотехнологічні товари і послуги та забезпечити досягнення ними стійких конкурентних позицій на різних сегментах світового ринку.

На новий теоретичний рівень дану наукову проблему було піднесено ученими вже у XX ст., хоча і з суттєвими відмінностями щодо трактування сутності промислових революцій та об'єктивних передумов циклічності їх еволюційного поступу. Зокрема, у працях всесвітньо визнаного ученого-економіста М.Кондратьєва уперше було виявлено наявність тісного взаємозв'язку між статичним і циклічно-динамічним розвитком економічної системи, а також визначено ключову роль інновацій у зміні великих кон'юктурних циклів та об'єктивну незворотність кризових етапів у структурній динаміці економічних циклів. Вагомою для світової науки заслугою ученого є обґрунтування ним визначального впливу на суспільний розвиток нагромадження у господарській системі критичної маси базових інновацій, котрі, навіть не маючи раніше застосування, у міру створення адекватних макроекономічних передумов для їх впровадження у масове виробництво спричиняють «значну зміну основних умов господарського життя суспільства ... які матеріалізуються у глибоких змінах техніки виробництва й обміну, яким, своєю чергою, передують значні технологічні винаходи і відкриття» [89, с. 320-321]. По суті це означає акумуляцію економічних ресурсів, необхідних для розгортання виробництва у період економічного піднесення, у формі інноваційної чи інтелектуальної ренти [89, с. 318].

Варто нагадати, що саме науковому перу М. Кондратьєва належить відкриття довгих циклів економічної кон'юнктури, які пов'язуються з глибокими трансформаційними змінами економічної і соціальної систем суспільства в силу зносу основного капіталу. «Розширення фонду цих капітальних благ, – писав він, – відбувається нерівномірно. Існування довгих хвиль кон'юнктури пов'язане з механізмом розширення фондів саме цих благ». Даний методологічний засновок ліг в основу виокремлення ученими етапів панування довгих циклів економічної кон'юнктури: першого – 1789-1849 рр.; другого – 1849-1896 рр.; третього – початок 1896 р. і завершення у 1938 р. (четвертий же довгий цикл, який розпочався у 1952р. і тривав до кінця 1990-х років був обґрунтований вже послідовниками М.Кондратьєва. Зазначені цикли, триваючи близько 50-60 років, спричинені, на думку ученого, якісними змінами поколінь базових технологій, транспортних

засобів, об'єктів виробничої інфраструктури тощо у провідних галузях економіки [201, с. 21].

Як бачимо, дана фундаментальна закономірність світогосподарського розвитку, уперше встановлена й обґрунтована М. Кондратьєвим, неодноразово була підтверджена усім ходом економічної історії людства та динамікою його науково-технічного й інноваційного прогресу. Йдеться про те, що на різних етапах світогосподарського розвитку періодично змінювались його лідери залежно від здатності держав генерувати інновації та впроваджувати їх у масове виробництво. Тож якщо у період домінування індустріальної моделі світогосподарського розвитку (1770-1970-ті роки) головну роль у технологічному прогресі відіграли спочатку текстильні машини, а згодом паровий двигун, електродвигун та двигун внутрішнього згоряння, то з переходом міжнародної економічної системи з першої половини 1980-х років до етапу інформаційної революції – мікроелектронні компоненти та нанотехнології (рис. 1.1).

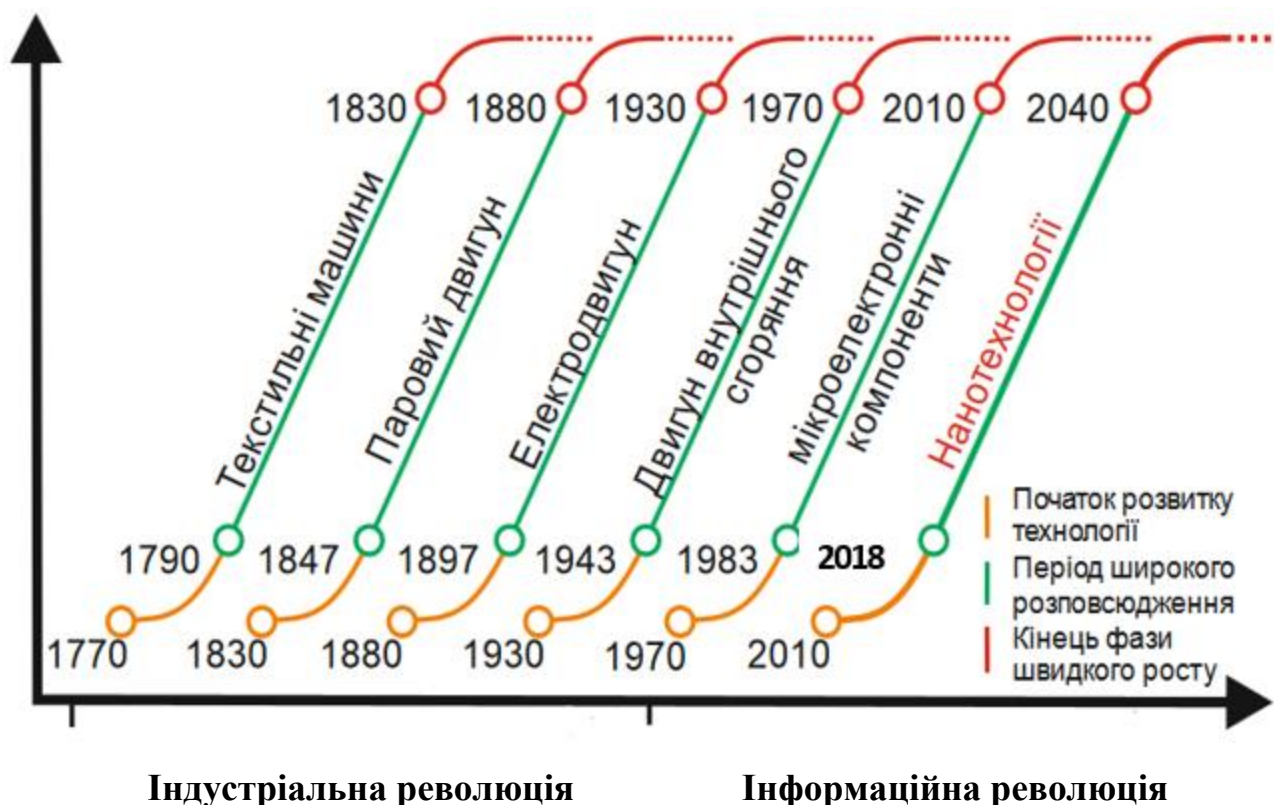


Рис. 1.1. Ключові технології індустріальної та інформаційної революції

Джерело: побудовано автором за даними [238, с. 7].

Свою чергою, Й. Шумпетер у своїй праці «Теорія економічного розвитку» обґрунтовує зв'язок теорії довгих хвиль М. Кондратьєва з фазами економічного піднесення і спаду середньою тривалістю близько 50 років [165]. За його словами, «ми можемо статистично й історично виокремити фазу підйому довгої хвилі у кінці 1780-х років, її найвищу точку близько 1800 року, а потім спад і певне пожвавлення, котрі закінчились до початку 1840-х років. Це власне й була «промислова революція» ...» [163, с. 445]. Важливою заслугою ученого є обґрунтування унікальності кожного окремо взятого бізнес-циклу в силу значної різноманітності впроваджуваних в економіці техніко-технологічних нововведень у кожен окремо взятий історичний період часу. З подібних методологічних позицій послідовність індустріальних революцій за Й. Шумпетером спирається виключно на системний аналіз якісних структурних трансформацій економічної системи суспільства, на протигагу простого розгляду кількісних змін у масштабах і динаміці зростання окремих її галузей і секторів.

На думку Г. Гіббінса, промислова революція в Англії завдяки розвитку шляхів сполучення, будівництва каналів та розвитку внутрішньої торгівлі [58, с. 76-80] перетворила дану країну в «осередок світової торгівлі і фабричного капіталізму», коли «сільське господарство стало другорядною галуззю, занепадаючи з року в рік» [59, с. 24]. Історик Е. Хобсбаум, аналізуючи взаємозв'язок спричинених Французькою революцією суспільних політико-ідеологічних змін з технологічними й економічними наслідками промислової революції, ототожнює останні з процесами «найбільш значимої суспільної трансформації людського життя ... зафіксованої документально» [71, с. XI]. Наголошується, що це стало закономірним результатом загальноєвро-пейського економічного піднесення в кінці XVIII ст., за якого економічна, соціальна і політична підготовленість Англії власне і спричинила тогочасну індустріальну революцію [72, с. 49]. Водночас П.Манту кваліфікує промислову революцію через призму їх економічної, техніко-технологічної і соціальної природи, наголошуючи на їх ключовій функції як «розширенні раніше стиснутих сил ... та пишне зростання зародків, що залишалися раніше у прихованому чи дрімаючому стані» [105, с. 415]. Подібно У. Каннінгему

і Г.Гіббінсу, П. Манту трактує промислову революцію як невід’ємний компонент більш тривалих економічних процесів, розглядаючи її з технічної, економічної і соціальної точок зору [105, с. 415].

З історії ми знаємо, що *еволюційний розвиток промислових революцій охоплює чотири етапи, кожен з яких характеризується притаманними лише йому технологічним способом виробництва, техніко-економічними й організаційно-економічними відносинами, відносинами спеціалізації і кооперування виробництва, механізмами нагромадження і концентрації капіталу, виробничими відносинами і відносинами власності* (додаток Б). У своїй сукупності зазначені структурні компоненти промислових революцій, на усіх етапах їх еволюційного розвитку завжди визначали, як ми можемо бачити, *секторальну структуру глобального виробництва, його домінуючі підсистеми і характер взаємозв’язків між ними, організаційні форми господарської культури, інфраструктурне й інституційне забезпечення виробничих відносин, діючі вимоги до професійних компетенцій працівників, пануючі режими й умови праці, а також форми організації виробництва, розподілу, обміну і споживання товарів*. Так, *перша промислова революція (Індустрія 1.0)* бере свій початок з другої половини XVIII ст., триває до першої половини XIX с. (1760-ті – 1840-ві роки) та знаходить своєї найбільш глибокої концептуалізації у наукових працях А.Сен-Симона, К. Маркса, Ф. Енгельса, Й. Шумпетера, Г. Гіббінса, І. Кулішера [157; 67; 110; 92; 59; 165] та багатьох інших видатних західних учених. Вона пов’язана з аграрним переворотом в Англії, за якого витіснені з земель англійські селяни почали активно перебиратись у міські агломерації, поповнюючи лави дешевої робочої сили. Водночас винайдення у цій державі прядильної машини та механічного ткацького верстата стало головним драйвером переходу національної текстильної промисловості від ручної до механізованої праці на основі інноваційних винаходів, одночасно пред’являючи усе зростаючий попит на дешеві джерела енергії.

Своєю чергою, динамічний розвиток в Англії внутрішньої торгівлі та розбудова транспортних шляхів забезпечили масштабну дифузії досягнутих технологічних здобутків у межах всього народногосподарського комплексу; а

винайдення парової машини започаткувало еру динамічного промислового освоєння інноваційних на той час методів добування кам'яного вугілля та виробництва чавуну і сталі. Завдяки цьому власне й були сформовані усі необхідні об'єктивні передумови та матеріальний базис не тільки розвитку машинобудування в Англії, але й утвердження в усьому світі індустріального способу виробництва [276, с. 94].

Так, результатом трансформаційних змін технологічного способу виробництва у форматі першої промислової революції стало не тільки встановлення панування у країнах Західної Європи капіталістичної ринкової системи, але й значне зростання доходів населення і прискорення темпів макроекономічного зростання у даному регіоні до 2-3% щорічно до 1850 р., порівняно з 0,2% у період до 1750 р. [32, с. 34]. Зазначимо також, що тільки упродовж 1820-1840 рр. валовий внутрішній продукт Великобританії збільшився з 36,2 до 53,3 млрд міжнародних доларів² (а ВВП на одну особу з 1,7 до майже 2 тис); Ірландії – з 6,2 до 8,6 млрд (з 0,8 до 1 тис); Північної Ірландії – з 30 до 44,6 млрд (з 2,1 до 2,4 тис відповідно); Франції – з 35,5 до 49,8 млрд; Нідерландів – з 4,3 до 6,6 млрд; Швеції – з 3,1 до 3,9 млрд; а Данії – з 1,5 до майже 2 млрд [102, с. 32, 46, 47].

Логічним продовженням Індустрії 1.0 стала *друга промислова революція (Індустрія 2.0)*, яка, фрагментарно виявляючись ще у 1850-х роках, активно розгорнулась у другій половині XIX ст. і тривала до початку XX ст. (1870-ті – 1920-ті роки). Її найбільш глибоке концептуальне обґрунтування знаходимо, зокрема, у працях Дж. Мокіра, К. Зубкова, Р. Х. Штротца, Р. Блума, Б.Крапстера, Х.Данкельберга, Ч. Глатфельтера, Р. Мара, Н. Річардсона, Н.Шубарта, Р. Камерона [116; 18; 24] та багатьох інших учених. Індустрія 2.0 здійснила насамперед кардинальні структурні зрушення в енергетичному і матеріально-ресурсному базисі індустріальної економіки на основі удосконалення конструкцій парових двигунів, багаторазового підвищення їх потужності, а також системного

² Примітка.

Міжнародний долар (англ. – *Gearly-Khamis Dollar International 1990*) – умовна розрахункова грошова одиниця, яка застосовується при міжнародних порівняннях макроекономічних показників різних країн і розраховується поділом одиниці національної валюти відповідної країни на розрахунковий показник паритету купівельної спроможності, яку долар США мав в межах Сполучених Штатів Америки станом на 1990 рік.

впровадження у суспільне виробництво гідравлічних і парових турбін, гідравлічної і теплової генерації електроенергії [24, 199-201].

Водночас широке промислове застосування технологій крекінгу нафти та винайдення двигуна внутрішнього згоряння стали матеріальним базисом не тільки докорінної зміни структури світового паливно-енергетичного балансу, але й формування якісно нових секторів національних економік країн та революційних змін у світовому транспортному комплексі та засобах зв'язку [24, 199-201]. Відтак – закономірними результатами другої промислової революції стали розбудова і системна модернізація національних транспортних систем держав, а також суттєве зниження вартості морських перевезень (на 1,5% щорічно упродовж другої половини XIX ст. порівняно з 0,9% у першій половині) [63, с. 117]. Як показують дані, наведені на рис. 1.2, у період 1870-1914 рр. загальна протяжність залізничної мережі Австро-Угорщини зросла у 3,8 разу, Франції – у 2,4 разу, Німеччини – у 3,3 разу, Італії – утричі, Великобританії – у 1,5 разу, Сполучених Штатів Америки – майже уп'ятеро.

Зазначимо, що прискорений розвиток національних транспортних комплексів держав суттєво стимулював структурну динаміку суміжних секторів їх промисловості (від металургії і машинобудування до хімії, розвідування, добування і переробки мінеральної сировини), активізувавши процеси механізації і монополізації виробничих процесів, стрімке підвищення продуктивності праці й якісних кондицій виробленої продукції; а також прискоривши товарообіг і спричинивши падіння цін на товари масового споживання. Принагідно відзначимо, що період панування другої промислової революції став для індустріальних держав епохою особливо динамічного економічного зростання за весь період їх історії. Достатньо сказати, що з 1870 р. до 1918 р. валовий внутрішній продукт Великобританії збільшився з 100,2 до 254,3 млрд міжнародних доларів; Франції – з 72,1 до 92,3 млрд; Італії – з 41,8 до 127,2 млрд; Німеччини – з 72,1 до 194,6 млрд; Данії – з 3,8 до 10,9 млрд; Австрії – з 8,4 до 17,2 млрд; Бельгії – з 13,7 до 21,9 млрд; Швеції – з 6,9 до 14,7 млрд; Нідерландів – з 9,9 до 22,6 млрд; а Швейцарії – з 5,6 до 14,7 млрд відповідно [102, с. 48].

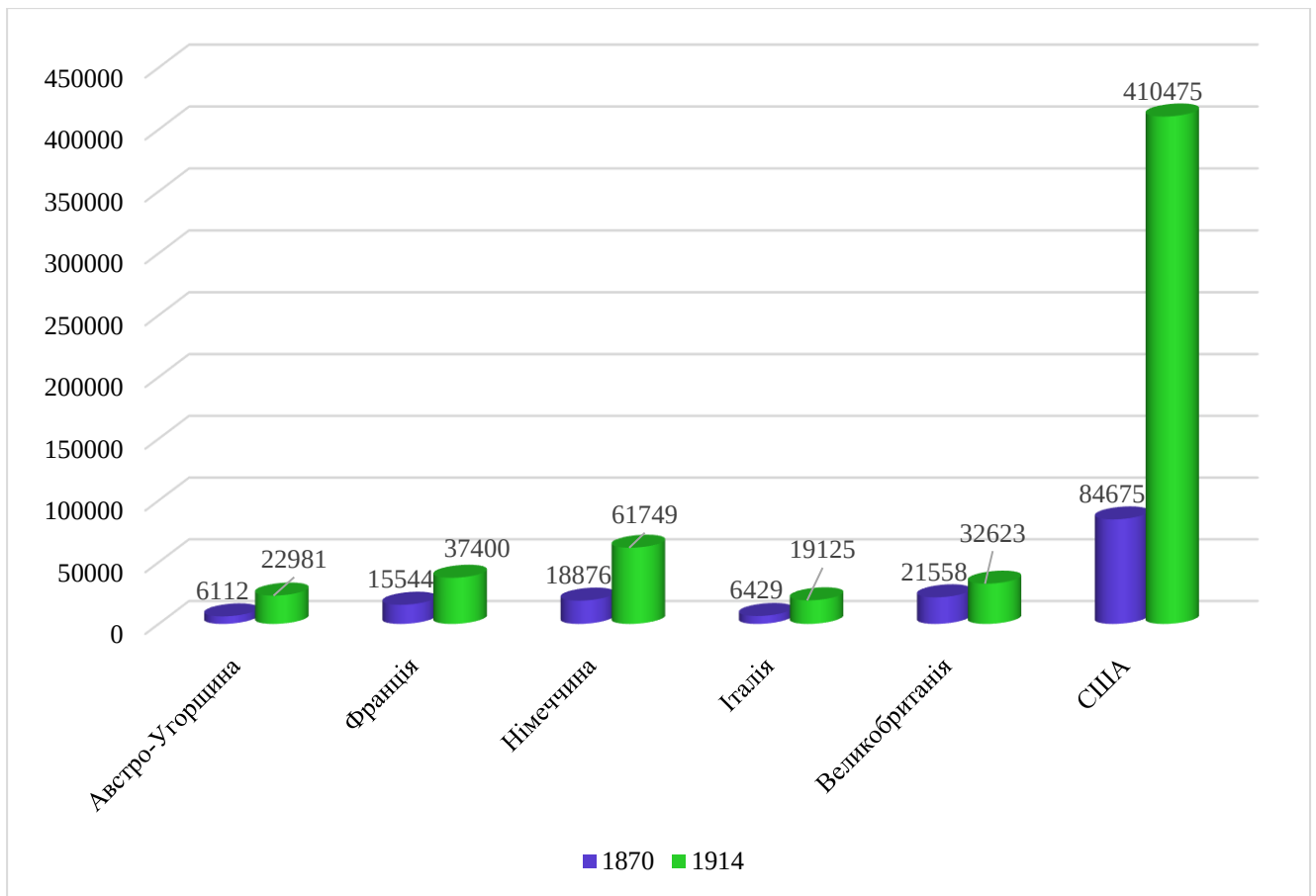


Рис. 1.2. Протяжність залізничного покриття за окремими країнами у 1870р. і 1914 р., км

Джерело: побудовано автором за даними [24, с. 206].

Водночас тільки з 1890 р. до 1910 р. обсяги металургійного виробництва у Великобританії зросли більш ніж удвічі, у Франції і Німеччині – у шість, у Бельгії і Люксембурзі – у вісім, у Швеції – у три, а в Австро-Угорщині – у чотири рази [284, с. 289]. Окрім того, вагомою прикметною ознакою другої промислової революції є перерозподіл світової економічної влади на користь держав західної цивілізації, хоча навіть вони демонструють у цей період доволі асиметричні темпи макроекономічного зростання. Красномовним підтвердженням цієї тези є дані рис. 1.3, які свідчать, що у період 1870-1913 рр. частка США у світовому промисловому виробництві зростає з 23 до 36%, Німеччини – з 13 до 16% на тлі одночасного падіння частки Великобританії з 32 до 14%, Франції – з 10 до 6% та збереження стабільності частки Японії на рівні 1% відповідно.

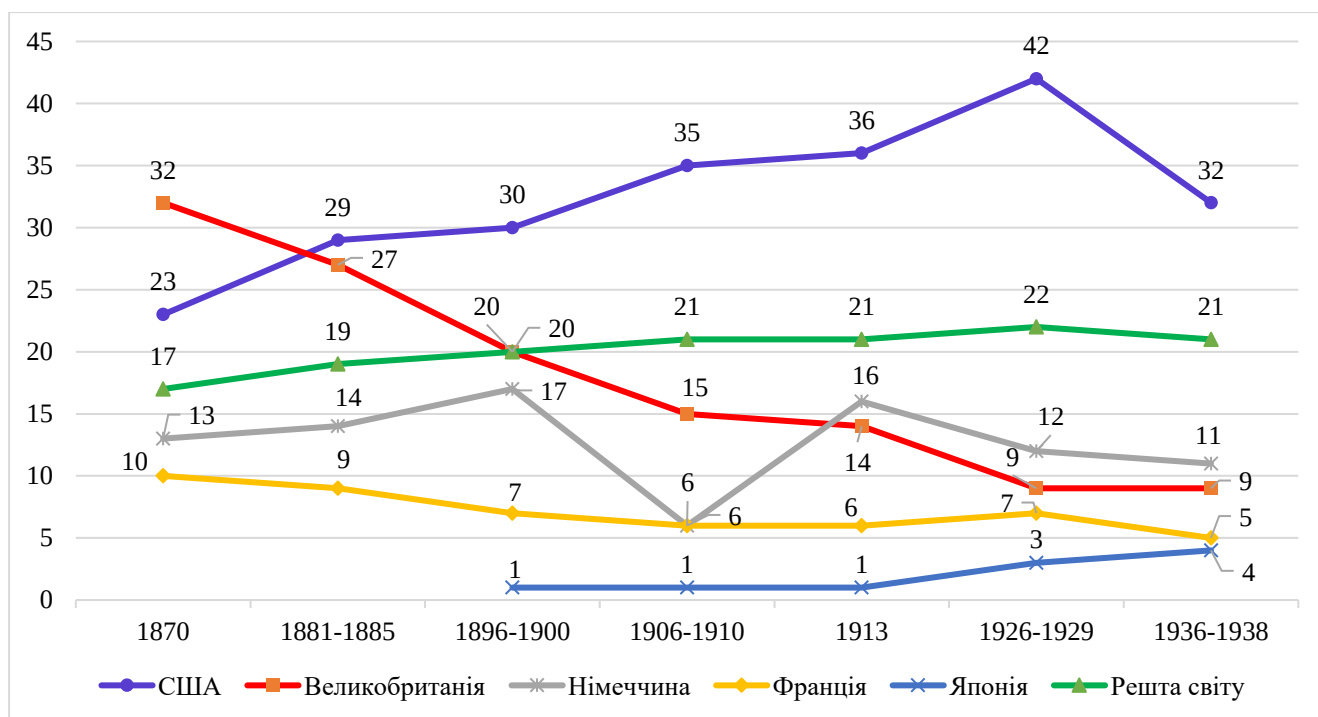


Рис. 1.3. Питома частка окремих країн у світовому промисловому виробництві у 1870-1938 рр., %

Джерело: побудовано автором за даними [27, с. 4].

Відмітними рисами панування *третьої промислової революції (Індустрії 3.0)*, яка охоплює період з 1960 р. до 2010 р., є насамперед небачені досягнення квантової електроніки та інформаційних технологій, що забезпечили динамічне поширення у світовому виробництві промислових роботів, електронно-обчислювальної техніки й автоматизованих систем управління; створення цифрових комп'ютерів, активний розвиток засобів зв'язку і програмування логічних контролерів, створення мереж персональних комп'ютерів та появу перших модифікацій мобільних телефонів тощо.

Однак, найбільшим науково-технічним досягненням третьої промислової революції без перебільшення стало освоєння людиною космічного простору, широке застосування ядерної енергії у промисловості та переміщення радіоактивних матеріалів без участі людини, що стало результатом глибокого синтезу і трансдисциплінарного розвитку таких науково-технічних напрямів як: математика і космонавтика, металургія і приладобудування, ракетна й оптична техніка [276, с. 99]. Тож широке впровадження у світове виробництво розроблених на їх базі інновацій призвело до рекордних темпів економічного розвитку країн і

регіонів. Зокрема, згідно розрахунків А. Меддісона, у період 1956-2001 рр. валовий внутрішній продукт на одну особу зріс у США з 10,9 до 27,9 тис міжнародних доларів, у Канаді – з 8,7 до 22,3 тис, у Новій Зеландії – з 9 до 16,1 тис, а в Австралії – з 8,1 до 21,9 тис відповідно [102, с. 89].

Необхідно особливо наголосити на тому, що автор концепції третьої промислової революції – відомий американський економіст й еколог, радник президентів Німеччини, Китаю, Данії і Казахстану – Дж. Ріфкін переконаний у повному вичерпанні індустріальною цивілізацією свого ресурсного потенціалу. Будучи прихильником і популяризатором ідей посткапіталістичної ринкової системи та моделі стійкого розвитку на основі використання у світовому енерговиробництві відновлювальних джерел, учений у своїй фундаментальній праці «Третя промислова революція» [153] обґрунтовує ключову наукову ідею щодо об'єктивної необхідності запровадження світовим співтовариством якісно нових механізмів ресурсозабезпечення. У даному контексті вважаємо доволі символічною другу назву праці, а саме: «Як другорядні сили трансформують енергію, економіку, світ».

Аналізуючи третю промислову революцію через призму інтернету речей (*англ. – Internet of Things*), Дж. Ріфкін на глибокому концептуальному рівні досліджує процеси впровадження у світогосподарській системі трьох видів об'єднаних мереж (*англ. – internets*) – комунікаційної мережі Інтернет, відновлювальної енергетики та базованій на безпілотному управлінні автоматизованої транспортно-логістичної мережі [153]. Ключовою місією їх функціонування є збір й системне оброблення аналітичної інформації за усіма сферами і секторами світової економіки – від аграрного і промислового секторів до сонячної енергетики й інформаційних технологій. Саме на основі такої інформації розробляються прогнози й аналітичні моделі щодо перспективних трендів світогосподарського розвитку, що дає змогу ухвалювати на наднаціональному рівні максимально ефективні управлінські рішення.

З другого боку, зазначені мережі вже сьогодні активно руйнують вертикальні зв'язки великих корпоративних структур, спричиняючи їх переведення у

горизонтальну площину та докорінну зміну традиційних централізованих бізнес-моделей. Йдеться про те, що успадкована від першої і другої промислових революцій ієрархічна структура організації економічної діяльності та її регулювання поступається місцем принципово новим – горизонтально організованим – моделям взаємодії економічних суб'єктів, здатних в автономному режимі генерувати зелену енергію й обмінюватись нею каналами енергетичного інтернету. Окрім того, об'єднані мережі, «відбраковуючи» з глобальних вартісних ланцюгів посередницькі структури, дають змогу економічним суб'єктам активно нагромаджувати виробничий досвід та здійснювати системну автоматизацію бізнес-процесів у відповідності до потреб підвищення їх загальної ефективності і результативності.

Як бачимо, третя промислова революція за своїм сутнісним змістом, характером та механізмами впливу на масштаби і структурну динаміку розвитку світового господарства є не тільки системним концептуальним відображенням його глобальних трансформаційних змін, але й містить чіткі рекомендації щодо впровадження практичного інструментарію забезпечення державами економічної й екологічної безпеки у глобальних координатах. Доцільно зауважити, що з огляду на значний теоретико-методологічний ресурс концепції третьої промислової революції, її ключові засади знайшли своє подальше розроблення у теорії екологічних інновацій. Її представники (М.Андерсен, А. Арундел, К. Кемп, Ф. Бунс, Ф. Людеке-Фреунд, М. Бусль, М.Де Баркеллос, Л. Віейра, Л. Сауві, В. Кай, Г. Лі, Л. Куї, Б. Мін [10; 13; 19; 20; 23; 33; 95] та багато інших) обґрунтовують ключову наукову ідею щодо визначального впливу екоінновацій на глобальний суспільний розвиток завдяки значному зниженню матеріальних й енергетичних витрат на виробництво товарів і послуг, перманентному виведенню на ринок принципово нової чи суттєво удосконаленої продукції, диверсифікації сегментної структури глобального ринку, впровадженню у світову господарську практику інноваційних бізнес-моделей, а також реалізації механізмів сталого управління природними ресурсами з нівелюванням загроз кліматичних змін та збереженням природного біорізноманіття [53, с. 212].

Таким чином, усі проаналізовані вище інноваційні технології, котрі визначали на різних етапах світогосподарського розвитку ключові його науково-технологічні зрушення у форматі першої, другої і третьої промислових революцій, мали своїм наслідком глибоку трансформацію виробничої діяльності промислових компаній, їх операційних моделей, організаційного дизайну і бізнес-процесів. Однак, навіть така трансформація суттєво поступається прогнозованим результатам впровадження технологій й інновацій *четвертої промислової революції (Індустрії 4.0)* в частині модернізації бізнес-процесів, створення принципово нових товарів і послуг, диверсифікації сегментної структури глобального ринку, а також формування якісно нових джерел конкурентного розвитку національних і регіональних економік.

Доцільно зауважити, що обґрунтована К. Швабом наукова ідея четвертої промислової революції [166] (що стартувала у 2011 р. і триває дотепер) є, з одного боку, глибоко концептуальною, оскільки формує загальне розуміння фундаментальних трансформаційних змін у світогосподарській системі, пов'язаних з інноваційними розробками у сфері роботизації, промислового інтернету речей, інформатизації, кібербезпеки, хмарних технологій, автоматизації виробництва, розбудови екосистем штучного інтелекту, блокчейну, доповненої реальності, аналітики великих даних, формування «розумних» електромереж, впровадження кіберфізичних систем у заводські процеси та ін. Останні, як передбачається, об'єднуються в єдину глобальну мережу, будуть взаємодіяти одна з одною в онлайн-режимі, організовувати виробничі процеси з меншою кількістю помилок, самоналаштовуватись і навчатись новим поведінковим моделям, а також взаємодіяти з товарами й адаптуватись під формування якісно нових потреб і запитів споживачів.

З другого боку, ідея четвертої промислової революції демонструє чітко виражені інституційні риси, формуючи методологічне підґрунтя для розроблення і впровадження державним і бізнесовим секторами цілої низки політичних та інституційно-регуляторних ініціатив у царині всебічної підтримки програм досліджень і розробок. І хоча дотепер світове господарство все ще функціонує у

домінуючій парадигмі третьої промислової революції, однак вже сьогодні, як наголошує К. Шваб, дедалі більшою мірою викристалізовується тренд її поступової трансформації у четверту промислову революцію, іманентною ознакою якої є «переплетення, нашаровування та взаємопосилення» (*чи глибока конвергенція – авт.*) «технологій зі світу фізики, біології та цифрових реалій» [166, с. 8]. Варто додати, що Індустрія 4.0 спричиняє не тільки всеохоплюючу і динамічну дифузії технологічних інновацій на рівні усіх структурних ланок процесу суспільного відтворення, але й їх глибоку інтеграцію у глобальні вартісні ланцюги в силу «народження нових бізнес-моделей, руйнуючого впливу на традиційні компанії, а також докорінних трансформацій систем виробництва, споживання, транспортування і постачань» [166, с. 8]. Таким чином, досягнутий державами прорив у галузі високих технологій та динамічна розбудова ними інноваційної моделі економічного розвитку у форматі Індустрії 4.0 впливає з самих технологічних характеристик четвертої промислової революції та є закономірним результатом використання країнами її *ключових конкурентних переваг*, а саме:

- цифровізації і вертикальної інтеграції виробничих процесів у рамках усієї організації та за усіма ланками сформованих нею вартісних ланцюгів (від розроблення продуктів і закупівель до виробництва, логістики і сервісного обслуговування) з їх оптимізацією під різні платформи, забезпеченням повної доступності в режимі онлайн інформації щодо ключових параметрів корпоративних операційних процесів, а також тісною взаємодією інформаційно-комунікаційних технологій і виробничих систем;

- цифровізації і горизонтальної інтеграції кількох вартісних ланцюгів з виходом інтеграційних процесів за рамки однієї організації; цифровою інтеграцією в єдину екосистему усіх структурних підрозділів компаній, зовнішніх партнерів, постачальників, виробників оригінального обладнання і споживачів; наскрізною діджиталізацією усіх наявних у них фізичних активів та застосуванням інструментів інтегрованого планування з обов'язковим урахуванням при цьому виробничих можливостей компаній-партнерів;

- цифровізації товарів і послуг на основі вбудовування сенсорів, інтелектуальних датчиків і засобів зв'язку у компоненти продукції і виробниче обладнання із застосуванням при цьому кіберфізичних систем; об'єднання в єдину систему сенсорів, виробничого обладнання і IT-технологій за усіма ланками глобальних вартісних ланцюгів, що дає змогу компаніям-виробникам накопичувати інформаційну базу щодо особливостей споживання їх продукції та існуючих недоліків товарів і послуг з метою їх подальшого удосконалення у відповідності до потреб і запитів споживачів;

- впровадження компаніями цифрових бізнес-моделей, здатних суттєво розширити спектр пропонованих ними товарів послуг на основі розроблення принципово нових – революційних – цифрових рішень у сфері виробництва і збуту продукції з використанням інтегрованих платформ;

- переходу економічних суб'єктів до впровадження цифрових бізнес-моделей та розроблення комплексних технологічних рішень у межах цифрових екосистем, що забезпечують не тільки отримання компаніями додаткових доходів, але й значне удосконалення діючих корпоративних систем їх взаємодії з клієнтами та розширення доступу останніх до вироблених компаніями товарів і послуг;

- технологічної платформізації бізнесу на основі використання компаніями й різного роду бізнес-структурами високотехнологічних машин і обладнання, інформаційно-комунікаційних технологій і кіберфізичних систем, здатних забезпечити високий рівень їх цифровізації й інтеграції у єдиний виробничий процес [15; 54; 113, с. 165-169; 56, с. 2-4; 79, с. 10-14; 179].

В якості прикладу наведемо, зокрема, корпорацію *Siemens*, яка нещодавно розробила віртуальний тренувальний модуль для власного програмного забезпечення *Somos*. За допомогою 3D-моделі й окулярів доповненої реальності він допомагає персоналу у режимі віртуальної симуляції ефективно справлятися з екстремними ситуаціями. Своєю чергою, компанія *BoschRexroth* завдяки оснащенню обладнання для виробництва клапанів і самих клапанів спеціальними радіочастотними мітками (*англ. – Radio Frequency IDentification – RFID*) добила

ефекту «розуміння» робочим обладнанням тих кроків, котрі необхідно вжити для здійснення кожної окремо взятої виробничої операції.

При цьому, як засвідчують оцінки авторитетних міжнародних експертів, вже у найближчі десятиліття ключову роль у глобальному науково-технологічному прогресі, подоланні світової бідності та вирішенні найгостріших глобальних проблем людства відіграватимуть *нанотехнології* [8; 184; 159; 158; 100; 22; 31; 17; 137; 91; 154]. У цьому зв'язку маємо зазначити, що історія нанотехнологічних інновацій бере свій початок ще у далекому 1959 р., коли американський фізик, лауреат Нобелівської премії Р. Фейнман у своїй теоретичній доповіді на щорічній зустрічі Американського фізичного товариства у стінах Каліфорнійського технологічного інституту висловив абсолютно неймовірне припущення щодо можливостей створення нанорозмірних об'єктів, матеріалів і пристроїв.

І хоча на той час гіпотеза ученого була сприйнята виключно як явище наукової фантастики, однак вже у 1981 р. і 1986 р. вона знайшла своє підтвердження і матеріальне втілення у винайдених у дослідницькій лабораторії ІВМ скануючого тунельного мікроскопа (який дав змогу отримувати зображення різного роду поверхонь з розрізненням на атомному рівні) та атомно-силового мікроскопа. З цього часу бачимо повне справдження надій Р. Фейнмана щодо опанування світовою наукою нанотехнологічного інноваційного шляху, про який він говорив наступне: «Це той шлях розвитку, який не можна обійти» [50; 64]. Згодом були створені перші наноматеріали, котрі забезпечили, з одного боку, суттєве поліпшення експлуатаційних характеристик вже існуючих продуктів, а з другого – розроблення принципово нових конструкційних і функціональних матеріалів з суттєво поліпшеними фізико-хімічними властивостями [84].

Що ж стосується наукового трактування поняття «нанотехнологія» (у значенні великої сукупності знань, підходів, прийомів та конкретних процедур, що застосовуються у процесі оброблення, поділу, формування та зміни матеріалів способом впливу на них одним атомом чи однією молекулою поділу [265, с. 68; 269, с. 5]), то уперше воно було запроваджено у світовий науковий обіг професором Токійського університету Н. Танігучі ще у середині 1970-х років у його доповіді

«Про основні принципи нанотехнологій» [175]. Водночас сучасне розуміння змістовної сутності нанотехнологій (у його чисто утилітарному вимірі) значною мірою сформувалось у загальному науково-ідейному руслі праць американського ученого К. Е. Дрекслера, який працював у лабораторії штучного інтелекту Масачусетського технологічного інституту. Його основною заслугою є обґрунтування концепції універсальних молекулярних роботів, здатних працювати за заданою програмою збирання з підручних молекул об'єктів будь-якої конфігурації, включаючи і собі подібних [41; 40; 42; 39].

Як результат *трансдисциплінарних наукових досліджень* (на перетині фізики, хімії, біології, медицини і матеріалознавства, інформаційних технологій і напівпровідників), нанотехнології репрезентують сукупність методів і прийомів контрольованого створення нових і модифікації існуючих матеріальних об'єктів, що включають компоненти розміром не більше 100 нм (хоча б в одному з вимірів) та набувають якісно нових техніко-технологічних, функціональних, експлуатаційних та споживчих характеристик, здатних забезпечити їх глибоку інтеграцію у повноцінно функціонуючі системи більшого масштабу [263, с. 136]. Наголосимо, що зазначені об'єкти у більшості випадків являють собою наноструктуровані на поверхні чи в об'ємі складні макро- чи мікрочастинки, котрі за сферами застосування та механізмами залучення у глобальне суспільне виробництво володіють явно вираженим позаконкурентним статусом. Він обумовлений *трьома найважливішими характеристиками наноматеріалів*: по-перше, їх супермініатюризацією, що дає змогу наноструктурам на одиниці площі розмістити значно більшу, порівняно з іншими матеріалами, кількість функціональних пристроїв, а отже – працювати у недоступних для інших технологій сферах; по-друге, суттєво більшою площею поверхні наноматеріалів, яка прискорює їх взаємодію з середовищем, в яке вони поміщені; по-третє, унікальними фізико-хімічними властивостями наночастинок та відсутністю у них структурних дефектів, що впливають з їх близьких до квантових розмірів та дають можливість використовувати процеси самоорганізації наноречовин для формування спеціальних структур.

Переконані, що саме зазначені характеристики наноматеріалів лежать в основі надзвичайно потужного впливу нанотехнологій на світовий інноваційний поступ, який вже сьогодні виявляється у радикальних структурних трансформаціях глобального відтворювального процесу. За своїми масштабами і ступенем впливу на світове виробництво, розподіл, обмін і споживання суспільного продукту вони суттєво перевищують, як ми можемо бачити, наслідки динамічного поширення інформаційної революції й інформаційно-комунікаційних технологій. Красномовним підтвердженням системного впливу нанотехнологій на глобальний відтворювальний процес є, зокрема, той факт, що вже сьогодні вони активно використовуються державами-лідерами у виробництві щонайменше 80 груп товарів широкого споживання і понад 600 видів сировинних матеріалів, комплектувальних виробів і промислового обладнання [174].

Достатньо сказати, що тільки у галузі електроніки й інформаційних технологій наноматеріали застосовуються в якості сировини у виробництві різного роду пристроїв і компонентів (53%); в обробці напівпровідникових пластин (34%); при виробництві інструментів і обладнання для продукування електронних пристроїв і компонентів (7%); в інших цілях (6%) [234, с. 32]. Своєю чергою, на глобальному ринку продовольчих товарів доступними нині є понад 300 найменувань так званих *nanofood-продуктів* (їжі, на етапі виробництва, переробки чи пакування якої застосовувались нанотехнологічні розробки й інструменти); а у світовій харчовій промисловості понад 400 компаній і фірм ведуть масштабні наукові дослідження у сфері використання нанотехнологій у виробництві продуктів харчування і пакувальних матеріалів [269, с. 7, 8].

Варто наголосити, що висока структурна динаміка розвитку нанотехнологічного сегменту глобального ринку та його глибоке «вбудовування» в економічні системи цілих держав і регіонів стали матеріальною основою виокремлення у структурі глобального виробничого комплексу такого самостійного й відносно автономно функціонуючого сегменту як *наноіндустрія*. У своєму загальному інституційному форматі вона репрезентує ніщо інше як інтегрований на горизонтальному і вертикальному рівнях міжсекторальний

комплекс виробничих, науково-дослідних й освітніх організацій різних форм власності, котрі у рамках різних наукових дисциплін, однак на основі єдиного підходу до розгляду матерії на атомно-молекулярному рівні, провадять цілеспрямовану діяльність щодо створення і комерціалізації конкурентоспроможної наукомісткої продукції нанорозмірного рівня різної фізико-хімічної та біологічної природи, з високим рівнем доданої вартості та унікальними техніко-технологічними, економічними, функціональними й експлуатаційними характеристиками, недосяжними для товарів-аналогів та товарів-субститутів [219, с. 29; 52, с. 148-160].

Репрезентуючи виробництво продукції з властивостями, що виявляють макроскопічний рівень квантових закономірностей та є внеском поверхневих атомів наночастинок у загальні властивості матеріалів і систем раніше недосяжними техніко-економічними показниками [219, с. 29], наноіндустрія являє собою інституційно оформлену, позагалузеву і позасекторальну форму розвитку національних економік держав. Вона функціонує на основі організації великомасштабного виробництва стандартизованих товарів і послуг нового покоління із застосуванням нанотехнологій загального використання, що впроваджуються на усіх рівнях міжнародної економічної системи та в усіх структурних підсистемах глобального ринку. Інакше кажучи, не являючи собою самостійний сектор національних економік, наноіндустрія репрезентує їх специфічну підсистему, що спеціалізується на виробництві матеріалів і виробів надмалих розмірів на основі дослідження властивостей різноманітних речовин на молекулярному й атомарному рівнях. Дана підсистема виявляється на усіх рівнях глобальної економіки, а результати її функціонування можуть бути впроваджені у більшість секторів сучасного промислового виробництва і сервісної сфери: металургію і машинобудування, хімічну і фармацевтичну промисловість, медицину й оптику тощо.

Як бачимо, подібного роду кваліфікаційна ідентифікація наноіндустрії впливає з загального визначення змістовної сутності категорії «індустрія» (*лат. – діяльність, старанність*) як сфери діяльності чи промислового сектору, яка

включає виробництво товарів чи послуг, їх ринковий збут, а також пов'язані з ними сектори економіки та споживчу аудиторію. Відтак – зазначена кваліфікація певною мірою суперечить загальновизнаному визначенню поняття «постіндустріальне суспільство» у його сучасному теоретичному дискурсі [16, с. CL-CLII, 661]. Наголосимо на тому, що концепція постіндустріального суспільства певною мірою демонструє нині риси вульгарності (*спрошеності і перекрученості за змістом – авт.*) з причин покладення в її методологічну основу несистемних критеріїв періодизації еволюції економічних систем. Це вже дало підстави сучасним апологетам постіндустріального суспільства стверджувати про можливість існування так званого постекономічного суспільства, в якому відбувається «подолання праці як утилітарної активності та її заміна творчою діяльністю, не мотивованою матеріальними факторами» [80; 81].

Варто наголосити, що комплексне дослідження питань, пов'язаних з функціонуванням наноіндустрії, оцінкою її стану, конкурентних переваг і потенційних недоліків, передбачає в якості обов'язкового компоненту системне урахування масштабів і структурної динаміки розвитку таких її невід'ємних компонентів, як: наноматеріали і наноелектроніка, наносистемна техніка і наноприлади, нанобіотехнології і наномедицина, наноінструменти і нанопристрої [263, с. 213; 288, с. 31]. При цьому не можна випускати з уваги ще одну важливу обставину: комплексний аналіз наноіндустрії об'єктивно вимагає також розгляду широкого спектру різноманітних і не завжди пов'язаних між собою процесів і явищ у різних галузях науки і техніки, де вже застосовуються відповідні технології і методи. Переконані, що саме з цього й випливає її революційний вплив на розвиток практично усіх передових технологічних розробок у царині інформації і телекомунікацій, біотехнологій і медицини, енергетики і робототехніки, засобів безпеки і матеріалознавства, екології й енергозбереження, транспорту і синтезу нових матеріалів з удосконаленими властивостями тощо. Більше того, у найближчі десятиліття навряд чи знайдеться хоча б одна сфера людської життєдіяльності, у якій нанотехнології не отримають свого практичного застосування і матеріального втілення [219, с. 29], що свідчить про їх воістину глобальне поширення.

Звернімо увагу на те, що наноіндустрія є матеріальним базисом масштабних і всеохоплюючих процесів *наноіндустріалізації*, під якою ми розуміємо один з ключових напрямів неоіндустріалізації. Як відомо, неоіндустріалізація являє собою другий етап індустріалізації національних економік країн, що базується на повномасштабній автоматизації й електронізації матеріального виробництва, його креативізації й інноватизації та має своїм закономірним результатом панування інтелектуальної праці і досягнення економікою технотронного рівня розвитку. Останній, базуючись на технотронній тріаді (сукупний працівник – електронно-обчислювальна техніка – автоматизовані засоби виробництва), передбачає перетворення науки у безпосередню продуктивну силу суспільства; тотальне впровадження електронних засобів у виробництво, фінансове управління компаніями та пов'язані з ними процеси дизайну, дистрибуції та післяпродажного обслуговування виробленої продукції; а також детермінує процеси планомірного заміщення працемістких робочих місць автоматизованими і працеощадними робочими місцями. Це означає по суті набуття електронікою (матеріалізованою в електронних імпульсах, програмному забезпеченні і базах інформаційних даних) чітко виражених рис і характеристик самоорганізації та здатності виконувати ті контрольно-управляючі функції, котрі на усіх попередніх етапах розвитку виробничої системи суспільства виконувались виключно людиною.

Подібний методологічний засновок дає нам змогу *кваліфікувати наноіндустріалізацію* як напрям неоіндустріалізації, пов'язаний з цілеспрямованим формуванням ресурсів і факторів виробництва, соціально-економічних зв'язків і виробничих відносин, адекватних процесу застосуванню нанотехнологій. Інакше кажучи, *економічний зміст поняття «наноіндустріалізація»* означає ніщо інше як технологічний спосіб великомасштабного, інноваційно- й капіталомісткого виробництва нанотоварів і нанопослуг, наділених принципово новими і раніше не досяжними техніко-економічними показниками, а також унікальними функціональними й експлуатаційними характеристиками, котрі не можуть бути відтворені іншими групами представленої на ринку продукції.

Підбиваючи підсумок, відзначимо таке: саме четверта промислова революція здатна з сучасних методологічних позицій найбільш повно розкрити природу, рушійні сили та векторну спрямованість нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва. Йдеться про те, що нанотехнології вписуються у черговий (після інформаційно-технологічного і біотехнологічного), етап розвитку промислових революцій. Тож соціально-економічні і науково-технічні результати від їх впровадження у світову суспільну практику за своїми масштабами і ступенем впливу безумовно матимуть радикальний характер. Вже сьогодні стає очевидно, що нанотехнології демонструють епохальну інновацію, здатну шляхом побудови спеціально сформованих наноструктур та контрольованої рекомбінації звичних об'єктів і речовинних структур надавати останнім принципово нових, а у багатьох випадках й унікальних хіміко-фізичних (механічних, електричних, магнітних, оптичних тощо) і біологічних властивостей. Це набуде свого концентрованого втілення не тільки і не стільки у виникненні певного роду віддалених соціально-економічних ефектів, скільки у докорінних змінах науково-технологічного ресурсу національних економік та їх конкурентної диспозиції на різних сегментах глобального ринку.

1.3. Дуалістичний вплив нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку світогосподарського розвитку

Наноіндустріалізація як системний процес формування виробничих комплексів, базованих на масовому впровадженні у глобальне суспільне відтворення нанотехнологічних розробок, є основним драйвером розбудови у світових координатах багаторівневої і багатоструктурної наноіндустрії. Наголосимо, що саме нанотехнології, будучи матеріальним базисом кількісних і структурних змін у світогосподарській системі та справляючи вирішальний вплив на темпи реалізації у глобальних координатах чергової фази науково-технічної революції, не тільки сприятимуть ефективному вирішенню глобальних проблем

людства (енергетичної, екологічної, продовольчої та ін.) та боротьбі з бідністю і захворюваннями, але й визначатимуть упродовж 2020-2050 рр. ключові параметри міжнародної конкурентоспроможності держав і цілих регіонів.

Звернімо увагу на те, що ще у далекому 2007 р. на засіданні Комісії з економічної політики Конгресу Сполучених Штатів Америки Дж. Секстоном було представлено доповідь на тему «Нанотехнологія: майбутнє приходить швидше, аніж ви думаєте» [161]. Її головним лейтмотивом є ідея про те, що розвиток нанотехнологій вже до середини ХХІ ст. призведе до технологічної сингулярності [161, с. 5-6], тобто гіпотетичного вибухоподібного прискорення швидкості світового науково-технічного прогресу в силу розширених можливостей маніпулювання матерією на молекулярному й атомістичному рівнях, глибокої інтеграції людини з обчислювальними машинами, а також впровадження біотехнологій людського мозку та створення здатних до самовідтворення машин і штучного інтелекту.

Зазначені зміни призведуть, на думку Дж. Секстона, не тільки до створення величезного багатства, але й докорінних структурних змін глобальних ринків та інститутів світової економіки. В основу обґрунтування технологічної сингулярності автором було покладено три аргументи: по-перше, потужними драйверами розвитку технологій будуть підвищення попиту на матеріали та загострення конкурентної боротьби економічних суб'єктів; по-друге, розвиток штучного інтелекту на певному етапі досягне такого рівня, за якого комп'ютерна техніка буде настільки прискорювати наукові відкриття та мультиплікувати технологічні зміни, що останні стануть занадто важкими для людського пізнання; по-третє, завдяки динамічному розвитку комп'ютерної техніки будуть ефективно розв'язані проблеми дефіциту ресурсів, охорони здоров'я та захисту навколишнього середовища [161, с. 5-6].

Характеризуючи економічну природу нанотехнологічних інновацій, слід насамперед відзначити, що в епоху глобалізації, вони *справляють на світове господарство доволі суперечливий і неоднозначний вплив*. З одного боку,

закономірним результатом їх впровадження у світове виробництво є *створення завдяки нанотехнологіям, наноструктурованим матеріалам і нанопристроєм принципово нових і модифікація наявних товарів і послуг*. Суттєво відрізняючись від представленої на ринку продукції своїми унікальними техніко-технологічними, функціональними й експлуатаційними характеристиками, зазначені товари і послуги не тільки володітимуть значно більшими можливостями задоволення потреб і запитів світових споживачів, але й забезпечуватимуть систематичне й оперативне оновлення асортиментної номенклатури промислової продукції.

І хоча даний процес супроводжуватиметься прискореним «вимиванням» зі світового ринків раніше створених товарів (особливо у кризові періоди національних бізнес-циклів, упродовж яких зазвичай відбувається зміна поколінь техніки й інноваційних розробок), однак нестиме потужний *позитивний імпульс підвищення рівня світового суспільного добробуту, а також розвитку і структурної диверсифікації національних і глобальної економічних систем*. Основні причини цього криються, як відомо, у досягнутих результатах нанотехнологічних розробок, котрі дають змогу багаторазово підвищити економічну ефективність виробничих процесів на основі масового впровадження високих технологій зі значно нижчим рівнем витрат порівняно з традиційними виробничими процесами.

Зазначені процеси, цілком закономірно, торкнуться насамперед енергетичного сектору, що втілиться у значному підвищенні ефективності функціонування й експлуатаційних характеристик існуючого енергетичного обладнання, динамічному розвитку сонячної енергетики на основі багаторазового нарощування масштабів нагромадження енергії й енергоперенесення в неорганічних та органічних матеріалах з наношаровою і кластерно-фрактальною структурою. Водночас впровадження нанороботів і нанодатчиків у процеси управління якістю експлуатації ядерних систем, зберігання і переробки відпрацьованого ядерного палива та моніторингу усіх технологічних процедур забезпечить значне підвищення рівня захисту довкілля та «озеленення» глобального енергетичного

комплексу. Своєю чергою, масштабне впровадження нанотехнологічних інновацій у світове машинобудування дасть змогу не тільки суттєво збільшити виробничих ресурс ріжучих й оброблювальних інструментів, але й модернізувати існуючий на сьогодні парк високоточних і прецизійних верстатів. Застосування ж поєднаних з бактеріородопсином нанопрепаратів стероїдного ряду забезпечить суттєве збільшення урожайності практично усіх продовольчих і технічних аграрних культур, підвищення їх стійкості до несприятливих погодних умов.

Ні для кого уже не секрет, що *досягнення нанотехнологій здатні подолати проблему захворюваності на рак і ВІЛ/СНІД, впровадити якісно нові засоби і методи ранньої діагностики системних (вузликового періартеріїту, гранулематозу Вегенера, неспецифічного аортоартеріїту, подагри, ревматизму, системної склеродермії, хвороби Бюргера) і соціально небезпечних захворювань людини (туберкульоз, гепатити, венеричні хвороби, наркоманія та ін.), а також багаторазово наростити масштаби проведення нетравматичних операцій [193; 270; 191]. Важливу роль у світовій системі охорони здоров'я відіграє і налагодження вирощування штучних людських органів та принципово нових слухових і зорових апаратів; створення високоефективних наносистем доставки лікарських засобів до осередку захворювання; а також прискорення процесу розроблення принципово нових лікарських засобів, медичних матеріалів і медичного обладнання, котрі за своєю специфічністю, швидкістю дії та іншими споживчими характеристиками суттєво перевищуватимуть існуючі аналоги відповідної продукції та ін.*

І це без урахування практично необмежених можливостей налагодження промислового виробництва на основі 3D-друку; впровадження у виробництво конструкційних матеріалів з наперед заданими властивостями та енергетичних товарів з відновлювальних джерел [35; 48; 7; 57] тощо. Достатньо сказати, що вже сьогодні розмір глобального ринку продуктів і послуг 3D-друку становить майже 13 млрд дол. США, а на період до 2026 р. зросте до 37,2 млрд (рис. 1.4).

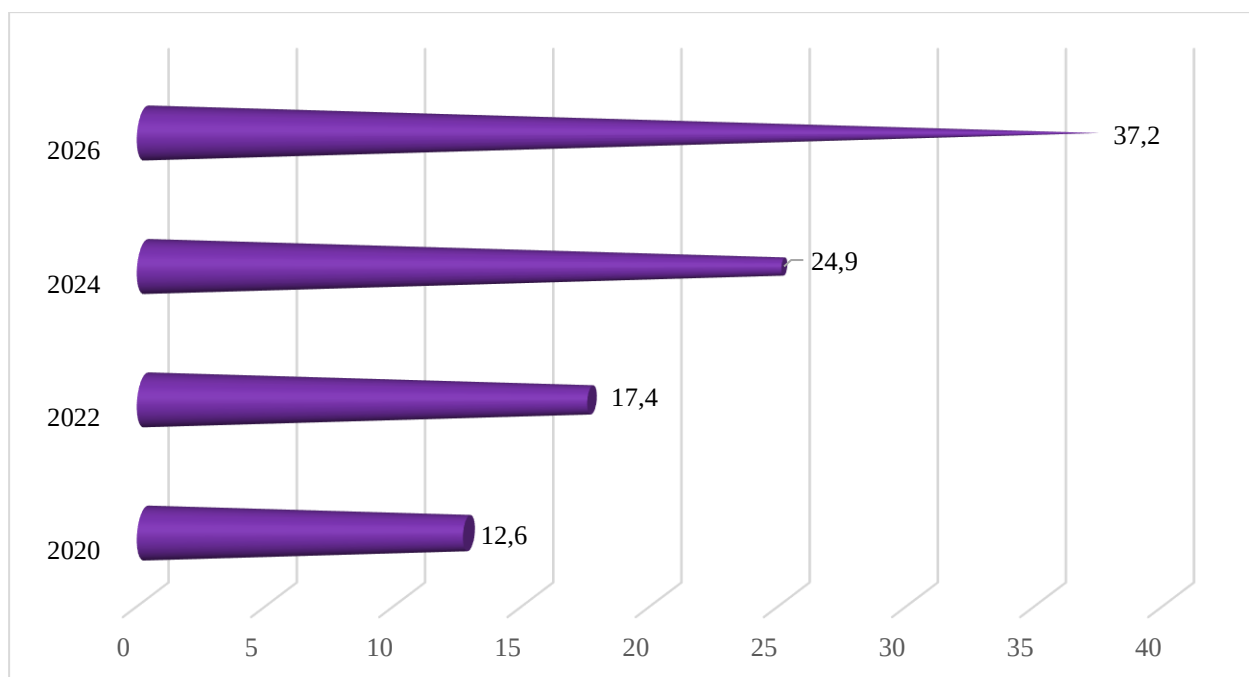


Рис. 1.4. Розмір глобального ринку продуктів і послуг 3D-друку у 2020р. з прогнозом до 2026 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано автором за даними [60].

У 2019 р. капіталізація світового ринку програмного забезпечення для візуалізації та 3D-рендерингу становила понад 1,6 млрд дол. США (з прогнозним зростанням до майже 10 млрд до 2030 р.) [169]; а загальна кількість пристроїв для 3D-друку та адитивного виробництва в усьому світі з 2020 р. по 2030 р. зросте з 665 до 2837 тис одиниць (у 1000 с) [140]. Тож синергетична дія зазначених чинників дасть потужний імпульс генеруванню і глобальній дифузії конкурентоспроможних інноваційних розробок, появи якісно нових видів бізнесової і підприємницької діяльності, а також відкриттю країнам не бачених до цих пір ресурсних можливостей макроекономічного і науково-технічного прогресу.

З другого боку, нанотехнологічні інновації здатні суттєво *розбалансувати світогосподарські пропорції* з причин потужного впливу на розвиток таких «сенситивних» сфер глобального економічного розвитку, як-от: світова зайнятість і грошові вклади, механізми ціноутворення на товари і послуги, процеси нагромадження глобального капіталу і динаміка валютних курсів, масштаби і структура світових валютних ринків, параметри глобального попиту і пропонування, просторова структура розміщення світового виробництва тощо. Так,

впровадження нанотехнологій у світове виробництво, будучи тісно пов'язаним із застосуванням принципово нових видів техніки і технологій, спричиняє становлення якісно нової системи суспільного поділу праці, а отже – трансформує структуру зайнятості у різних галузях і секторах світової економіки. Даний висновок вже сьогодні набуває свого комплексного підкріплення у реальній господарській практиці. Зокрема, в одній з останніх доповідей консалтингової компанії PwC наводяться дані щодо перспективного зменшення під впливом автоматизації загальної кількості робочих місць на національних ринках праці на період до 2030 р., яке складе у США 38%, у Німеччині – 35%, у Великобританії – 30%, Японії – 20% відповідно [197, с. 30]. Головні причини зазначеного тренду криються у тому, що на молекулярному й атомістичному рівнях зможуть працювати виключно роботи, а відтак – масового характеру набуде технологічне безробіття, за якого покинути свої робочі місця буде змушена велика маса висококваліфікованих працівників, котрі власне й поповнять лави безробітних.

Окрім того, усі ми сьогодні є свідками залучення у світове виробництво якісно нових матеріалів та фрагментарної автоматизації «молекулярних» процесів, котрі здатні не тільки докорінно трансформувати левову частку сформованих у глобальному промисловому комплексі вартісних ланцюгів, але й *змінити кількісні і структурні параметри міжнародного виробничого кооперування і виробничо-збутових мереж, витіснити зі світового ринку цілу низку традиційних видів економічної діяльності та реорганізувати пануючі моделі організації бізнес-діяльності*. Так, ціла низка галузей і секторів світової економіки вже у найближчі десятиліття будуть витіснені наноіндустріальними безлюдними моделями організації виробничої діяльності. Отже – людина, ставши «зайвою» у цілій низці виробничих процесів, дедалі більшою мірою втягуватиметься у бурхливий «вир» глобального безробіття та зазнає усіх негативних наслідків посилення соціальної нестабільності і соціального виключення, а також ерозії соціально-трудова відносин.

Своєю чергою, об'єднання завдяки нанотехнологіям в єдину екосистему усіх вартісних ланцюгів, сформованих у світовому промисловому комплексі, докорінно

трансформує просторову локалізацію глобального виробництва та утворить так звані «наноіндустріальні точки» економічного зростання. Останні, як засвідчує розвиток міжнародної економічної системи останніх двохсот років, стануть новими локалами перенагромадження глобального капіталу з усіма впливаючими з даного фундаментального тренду негативними соціально-економічними наслідками. Йдеться насамперед про посилення міжсекторальних асиметрій у розподілі капітальних активів та знецінення капіталу у секторах, котрі не базуються на нанотехнологічних інноваціях.

Однак, найбільш загрозливими для подальшої траєкторії світогосподарського розвитку є, на нашу думку, наслідки значного послаблення дії одного з ключових механізмів функціонування капіталістичної ринкової системи – конкуренції. З огляду на те, що нанотехнологічні інновації дають змогу економічним суб'єктам з одного і того ж самого вихідного матеріалу виробляти цілий асортиментний ряд різноманітної товарної продукції, то закономірним результатом даних процесів стане «розмивання» спеціалізаційного й диверсифікаційного профілю економічної діяльності суб'єктів господарювання. Відтак – економічна система суспільства набуде чітко виражених монополістичних й олігополістичних рис в силу доволі обмеженого кола суб'єктів господарювання, котрі будуть здатними забезпечити системне (чи хоча б фрагментарне) впровадження нанотехнологій у масове виробництво та присвоєння глобальної інтелектуальної ренти; а також здобути у такий спосіб позаконкурентний статус на світовому ринку.

У той самий час на другому «полюсі» глобальної конкурентної ієрархії перебуватимуть традиційні компанії і товари, котрі, будучи неспроможними ефективно конкурувати з нанотоварами і нанофабриками, прокладуть нові лінії стратифікаційного поділу глобального економічного простору. У результаті прискореними темпами формуватиметься, на нашу думку, глобальний інституційний «каркас» так званої «нанотехнологічної монополізації». За її умов стрімко звужуватиметься коло економічних суб'єктів, здатних здобути реальний контроль над світовим нанотехнологічним виробництвом. До того ж їх корпоративні стратегії і бізнес-моделі дедалі більшою мірою орієнтуватимуться, на

наше переконання, на всебічне нарощування своєї економічної влади способом активного використання таких апробованих у світовій господарській практиці форм реалізації прав приватної власності на засоби виробництва, як-от: купівля контрольних пакетів акцій компаній, управління чужою власністю, взаємне володіння цінними паперами, управління фондовими активами через трастові фонди банківських установ тощо. Даний процес, з одного боку, піднесе на якісно вищий щабель розвитку індивідуальну приватну власність (як історично вихідну форму капіталістичної власності), а з другого – матиме доволі високі суспільні витрати. Вони пов'язані як зі *значним загостренням конкурентної боротьби на світовому фондовому ринку*, де торгуватимуть акціями нанотехнологічних компаній, так і *погіршенням умов ведення ними фінансово-господарської діяльності за умов недружніх злиттів і поглинань*.

Одночасно усі ми станемо свідками суттєвого послаблення за умов динамічного поширення нанотехнологічних інновацій цілеупорядковуючого впливу на національні фінансово-економічні системи країн інститутів фінансового і грошово-кредитного регулювання, що «вибракують» з його інструментарію механізм кредитування. У результаті під загрозу потраплять *базові засади державного регулювання*, коли національні уряди держав певною мірою *позбавляться традиційних механізмів управління соціально-економічними процесами*, а також класичного фінансово-кредитного і монетарного інструментарію стабілізації національних бізнес-циклів і досягнення рівноваги власних фінансових і грошово-кредитних ринків.

На превеликий жаль, малодослідженими дотепер залишаються також характер впливу наноматеріалів на людський організм, соціально-культурні, гуманітарні й етичні загрози впровадження у глобальне виробництво нанотехнологічних розробок. Йдеться насамперед про модифікацію чуттєвості людини по лінії свідомість – мозок, проблему відношення людської свідомості до її технологічно модифікованої природи [261, с. 30]. Не слід скидати з рахунків і *можливості поломки нанороботів та їх виходу з-під контролю людини*, що призведе по суті до виникнення принципово нових видів зброї масового знищення (у тому числі

«невидимої»); нездатність розпізнавання наночастинок захисними системами людського організму, їх неспроможність до біотрансформації, викликання імунної відповіді та виведення з організму; нагромадження наночастинок у мікроорганізмах, організмах рослин і тварин; їх передачу за усіма ланками харчового ланцюга; «вбудовування» наночастинок у мембрани клітин, їх проникнення у клітинні органели та зміну під їх впливом функцій біоструктур [269, с. 10] тощо.

Дане питання набуває особливої актуальності з урахуванням того факту, що нині у глобальній виробничій і торговельній практиці практично відсутні будь-які нормативні вимоги щодо обов'язкового маркування нанохарчів на кшталт того як це діє відносно генно модифікованих організмів. У результаті вже сьогодні непоодинокими є випадки постачання на ринок продовольчих товарів групи «наноїжа», «їжа ультратонкого помолу» (*англ. – ultrafine food*) та ін. Окрім того, на глобальному продовольчому ринку нині представлена ціла низка компаній і фірм, котрі, декларуючи свою спеціалізацію на виробництві харчової продукції з використанням нанотехнологій, у більшості випадків у рекламних цілях відзначають лише «корисні» чи «унікальні» споживчі характеристики своїх «нанонутрієнтів». Натомість практично недоступною для споживачів таких харчів залишається конкретна інформація щодо застосування у їх виробництві нанотехнологій [269, с. 13] та наслідків продукції для людського організму.

Поряд з цим не можемо не відзначити і величезної шкоди, що їх наносять людському організму нанопластики. Так, ціла низка досліджень підтверджують факт їх багатоканального потрапляння у харчовий ланцюг людини через тварин, які споживають їх у природному середовищі [160]; екологічні забруднення процесу виробництва продовольчих товарів [85]; вимивання з пластикової упаковки харчів та напоїв [111] тощо. На сьогодні уже ні для кого не секрет, що у меді, пиві, солі, цукрові, рибі, креветках і двостулкових молюсках регулярно виявляються нанопластичні фрагменти [96; 134; 38; 198; 97; 98], що цілком зрозуміло створює величезні ризики для людського організму. Тож з подальшим збільшенням

пластикових відходів, зростанням їх біодоступності у водних та наземних зонах присутність нанопластиків у харчовому ланцюгу буде з часом тільки збільшуватись.

У зв'язку зі значним браком об'єктивних знань щодо токсичності та біосумісності наноматеріалів, а також характеру їх впливу на людський організм пріоритетного значення набуває гарантування безпеки їх залучення у міжнародний господарський обіг. Дане питання набуває додаткової актуальності у зв'язку з відсутністю контролю якості нанопродуктів, відносним дефіцитом венчурного фінансування нанотехнологій, значним браком інфраструктурного забезпечення наноіндустрії, неготовністю приватних інвесторів до значних капіталовкладень у даний сектор економіки та у край низького рівня координації роботи його суб'єктів від розроблення до кінцевого споживання нанотоварів.

В оцінці дуалістичного впливу нанотехнологій на глобальну економіку не можемо оминати увагою й *екологічні проблеми захисту довкілля*. Вони також впливають з надмалих розмірів наночастинок, які зводять нанівець можливості сучасних очищувальних інфраструктурних об'єктів щодо їх затримання і знезараження. В якості прикладу наведемо, зокрема, нанопластик, який робить неможливим процеси фільтрації й очищення стічних вод. Відтак – наночастинки такого пластику потраплятимуть у річки та океани, а також у систему прісного водопостачання [194]. Крім того, нанопластики, будучи присутніми у ґрунті, через природну ерозію потраплятимуть у річки та океани [75]. Підтвердженням даної тези є, зокрема дані Програми ООН з навколишнього середовища, які свідчать про те, що ще у 2010 р. у світі було вироблено 275 млн тон пластикових відходів, з яких 12,7 млн тон були вимиті у світові водні артерії [112].

Нарешті, окремої уваги заслуговує також *значне зростання рівня виробничих, фінансових і часових витрат у процесі переведення глобального виробничого комплексу на нанотехнологічні «рейки»*. Наприклад, ціна одного грама наночастинок золота становить на сьогодні близько 80 тис дол. США [132]. Даний факт засвідчує надзвичайно високі витрати на нанотехнологічні розробки, а відтак – лише розвинені країни світу володіють на сьогодні достатніми ресурсами для інвестування у даний сектор ДіР. Відзначимо також, що надмірно висока вартість

наноматеріалів справляє у край негативний вплив на глобальний ринок нанотехнологічних послуг, «виштовхуючи» з нього чималий прошарок їх потенційних споживачів.

Таким чином, вищою мірою дуалістичний вплив нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку глобального економічного розвитку актуалізує питання щодо *реалізації у світових координатах системи базових принципів функціонування нанотехнологічного сегменту глобального ринку*. Як наголошує з цього приводу М. Еббесен для ефективного регулювання нанотехнологій в обов'язковому порядку має бути впроваджений так званий «принципізм» [43], котрий базується на дотриманні економічними суб'єктами цілої низки загальноприйнятих принципів. До них належать, зокрема такі:

- принцип транспарентності та суспільного контролю за процесом ухвалення управлінських рішень, котрі мають стосунок до досліджень і розробок нанотехнологічного профілю;

- принцип наукової поінформованості, зміст якого полягає у запровадженні мораторію на проведення науково-дослідних робіт у сфері нанотехнологій та їх практичне впровадження до тих пір, поки не будуть об'єктивно оцінені усі можливі ризики подібного роду розробок [207, с. 19]; широкому науковому і суспільному обговоренні тенденцій розвитку нанотехнологій та їх впливу на національну економіку, механізмів залучення подібного роду розробок у суспільне виробництво, а також антропологічних і соціальних наслідків розроблення і масового впровадження нанотехнологій у суспільну практику;

- принцип дотримання наноетики, сутність якого полягає у недопущенні запровадження у масове виробництво наноматеріалів, котрі не підлягають утилізації чи декомпозиції [11; 99]; необхідності застосування нанотехнологій у тих сферах людської життєдіяльності, котрі відповідають меті гуманізму, людської гідності і справедливості; неухильному дотриманні владою і громадськістю етичних принципів при вирішенні усіх проблем, пов'язаних з суспільним відтворенням нанотехнологічних розробок (на рівні їх виробництва, розподілу,

обміну і споживання), а також визначенні їх конкурентних переваг і загроз для людини і довкілля навіть за умов відсутності повних наукових даних, здатних оцінити їх рівень;

- принцип обов'язковості міждисциплінарних громадських дискусій, сутнісний зміст якого полягає у необхідності проведення у суспільстві просвітницьких акцій й інформованих дискусій щодо практичного застосування нанотехнологій на основі їх комплексного аналізу і стандартизації, а також системного обліку ризиків і урахування вимог до ухвалення управлінських рішень при розробленні нанотехнологічних інновацій та їх впровадженні у суспільно-господарську практику;

- принцип конфіденційності, приватності і поваги до особистого життя, зміст якого полягає у недопущенні використання нанотехнологій у спосіб, що порушуватиме таємницю обставин приватного життя і систему захисту персональних даних;

- принцип захисту інтелектуальної власності, який полягає в об'єктивній оцінці ринкової вартості, ризиків і вигод патентоспроможних нанотехнологічних інновацій, обов'язкового отримання їх власниками патентних доходів навіть за умов «розмивання» транскордонних бар'єрів між власне наукою і технологіями;

- принцип пріоритетності застосування нанотехнологічних розробок при розв'язанні найбільш насущних глобальних проблем людства та глобальних цілей сталого розвитку: охорони здоров'я і захисту довкілля, вирішення продовольчої й енергетичної проблем, подолання зубожіння, забезпечення сталого розвитку сільського господарства, раціоналізації використання водних ресурсів, розширення доступу світового населення до якісної освіти та ін. [229, с. 25].

Існування величезного спектру наноматеріалів з найрізноманітнішими фізичними, хімічними, механічними, оптичними, магнітними та біологічними властивостями, диференційованих до того ж за своїми внутрішніми і зовнішніми структурами значною мірою актуалізує питання щодо *розроблення релевантної системи їх таксономії у видовому та секторальному вимірах*. Головною метою

таксономії є побудова логічної ієрархії між різними секторами нанотехнологій у цілях розширення можливостей їх практичного застосування як широким колом наукових й інженерних дисциплін [122], так і реальною господарською практикою й системою управління соціально-економічними процесами. Доцільно зауважити, що відсутність таксономії нанотехнологій є головною причиною формування доволі неоднозначних, а почасти й відверто суперечливих, підходів й уявлень про поточний стан нанотехнологій, їх економічні, інноваційно-технологічні, соціально-культурні і гуманітарні наслідки.

Загальновідомо, що метод класифікації, як основа емпіричних знань та один з найважливіших загальнонаукових методів пізнання сутності економічних процесів і явищ, осмислення й описання закономірностей їх розвитку, широко використовується для упорядкування і систематизації знань з метою перетворення певної розрізненої сукупності (множини) аналізованих об'єктів в єдину систему підпорядкованих класів, подібних за певними сутнісними властивостями. Не випадково, класифікаційні методи і процедури є нині невід'ємним компонентом наукових досліджень для вирішення найрізноманітніших пізнавальних задач науково-теоретичної та практичної значущості, без якого не може обійтись жодна галузь знань та жодне трансдисциплінарне дослідження.

Прикро визнавати, однак класифікація напрямів розвитку нанотехнологій на теперішній час все ще перебуває у процесі свого становлення. Основні причини цього криються, з одного боку, у значному браку відповідних міжнародних термінологічних стандартів у цій сфері; а з другого, у тому, що нанотехнології не репрезентують відокремлений сектор економіки у його традиційному загальноприйнятому значенні, а представляють собою трансдисциплінарну галузь знань, яка спеціалізується на технологічних розробках принципово різних видів і типів продукції. Зокрема, лєвова частка матеріалів Робочої групи Міжнародної організації зі стандартизації (*англ. – International Organization for Standardization – ISO*), котрі мають стосунок до впровадження класифікаційних і стандартизаційних процедур відносно нанорозмірних об'єктів, ще не набула на сьогодні завершеного

правового унормування. Між тим, формування методичних підходів до класифікації нанотехнологій передбачає в якості обов'язкових два компоненти: по-перше, розроблення єдиного і загальновизнаного на глобальному рівні трактування їх змістовної сутності; а по-друге, ідентифікацію ключових характеристик нанотехнологій, котрі можуть бути описані з використанням обмеженого набору визначень, з подальшим їх структуруванням і виокремленням самотійних підгруп [272, с. 193].

Що стосується визначення категорії «нанотехнології», то найбільшого поширення у світовій практиці отримали їх кваліфікаційні ідентифікації, здійснені VII Рамковою програмою Європейського Союзу (що реалізовувалась у період 2007-2013 рр.); Робочим планом ISO, Європейським патентним відомством, Національною нанотехнологічною ініціативою США та Другим загальним планом з науки і технологій Японії (що реалізовувався упродовж 2001-2005 рр.). Що стосується VII Рамкової програми ЄС, то вона трактує сутність нанотехнологій, виходячи з таких їх базових критеріїв, як-от: отримання нових знань про феномени, властивості яких залежать від інтерфейсу і розміру; управління властивостями матеріалів на нанорівні з метою отримання нових можливостей їх практичного застосування; хімічні технології нанометрової точності для виробництва базових матеріалів і компонентів; дослідження нових концепцій і підходів для практичного застосування у різних секторах економіки, включаючи інтеграцію і конвергенцію з новими технологіями та ін.

Натомість трактування сутності нанотехнологій Робочим планом ISO зводиться до механізмів управління наноматерією та нанопроцесами, здатних відкривати нові можливості їх практичного застосування; а також використання властивостей наноматеріалів з метою створення поліпшених матеріалів, приладів і систем. Європейське патентне відомство кваліфікує нанотехнології як об'єкти з контрольованим геометричним розміром в одному чи кількох вимірах не більше 100 нм, котрі зберігають притаманні їм фізичні, хімічні та біологічні властивості; а також обладнання і методи контрольованого аналізу, маніпуляції, оброблення,

виробництва чи виміру з точністю менше 100 нм. Своєю чергою, Національна нанотехнологічна ініціатива США визначає нанотехнології як процеси управління матерією на рівні від 1 до 100 нм, що охоплюють природні і технічні науки, а також технологію нанометрової шкали, у тому числі отримання зображень, вимірювання, моделювання та маніпулювання наноматерією.

I, нарешті, згідно Другого загального плану з науки та технологій Японії, нанотехнології репрезентують міждисциплінарну галузь науки і техніки (інформаційні технології, матеріалознавство, науки про життя, довкілля та ін.), що концентрується на питаннях виявлення нових функцій і унікальних властивостей наноматеріалів [272, с. 191, 192]. Таким чином, зазначені трактування змістовної сутності нанотехнологій лягли в основу розроблення цілою низкою національних і міжнародних інституцій, що реалізують функціональні повноваження у сфері науково-технічної політики, відповідних нормативно-правових документів, які містять класифікацію нанотехнологій і їх поділ на специфічні групи і підгрупи.

У табл. 1.1 представлено ключові види нанотехнологій, виокремлені, зокрема, ISO, Європейським патентним відомством, а також статистичними службами Канади і Австралії. З даних табл. 1.1 можна зробити висновок про те, що існуючі на сьогодні відмінності у класифікації різними інституціями нанотехнологій пов'язані передусім з їх функціональними компетенціями та спеціалізаційним профілем. У той час як діяльність ISO пов'язана, головним чином, з визначенням базових категорій та ідентифікацією класифікаційних критеріїв виокремлення технологічних і виробничих нанопроцесів; патентні відомства концентруються на питаннях щодо реєстрації нових і маркування уже зареєстрованих об'єктів інтелектуальної власності, що мають відношення до нанотехнологій. Нарешті, національні статистичні служби різних держав переслідують чисто утилітарні цілі, а саме: забезпечення збору, узагальнення і аналізу статистичних даних про стан розвитку нанотехнологічних розробок у своїх країнах на основі розроблення відповідної системи конкретних показників й індикаторів. Тож кожна з

перелічених функцій зазначених інституцій актуалізує питання щодо кодифікації і стандартизації нанотехнологій.

Таблиця 1.1

Ключові види нанотехнологій, виокремлені окремими інституціями

Міжнародна організація зі стандартизації	Європейське патентне відомство	Статистична служба Канади	Статистична служба Австралії
Нанобіотехнології	Нанобіотехнології	Нанопотоніка	Нанотехнології для довкілля
Наноелектроніка	Нанотехнології для оброблення, зберігання і передачі інформації	Наноелектроніка	Молекулярна і органічна електроніка
Наномедицина	Нанотехнології для матеріалів і науки про землю	Нанобіотехнології	Нанобіотехнології
Нанометрологія	Нанотехнології для розпізнавання, взаємодії і маніпулювання	Наномедицина	Наноелектромеханічні системи
Нанооптика		Наноматеріали	Наноелектроніка
Нанопотоніка		Квантові обчислення	Вирощування, само-збірка і виробництво наноструктур
Наноматеріали	Нанооптика	Самозбірка	Виробництво нанопродукції
	Наномагнетизм	Інструменти	Наномедицина
		Нанотоксикологія	Нанометрологія
			Нанопотоніка
			Нанодіагностика
			Нанотоксикологія, здоров'я і безпека

Джерело: побудовано автором за [272, с. 193, 194].

Як підсумок зазначимо, що фундаментальні наукові дослідження у сфері розроблення нанотехнологічних інновацій мають стратегічний для перспективної траєкторії світогосподарського розвитку характер та вже сьогодні відіграють вагомий роль у структурній модернізації високотехнологічних секторів глобальної економіки та прискоренні темпів її постіндустріалізації. Нанотехнологічні інновації в епоху техноглобалізму справляють на світове господарство доволі суперечливий і неоднозначний вплив. З одного боку, вони забезпечують створення принципово нових і модифікацію існуючих товарів і послуг, підвищення рівня світового суспільного добробуту, розвиток і структурну диверсифікацію національних і глобальної економічних систем, впровадження якісно нових засобів і методів ранньої діагностики захворювань, налагодження вирощування штучних людських органів та ін. З другого боку, нанотехнологічні інновації здатні суттєво розбалансувати світогосподарські пропорції, змінити кількісні і структурні

параметри міжнародного виробничого кооперування і виробничо-збутових мереж, витіснивши зі світового ринку цілу низку традиційних видів економічної діяльності, реорганізувавши пануючі моделі організації бізнес-діяльності, трансформували просторову локалізацію глобального виробництва тощо. Це вимагає реалізації у світових координатах системи базових принципів функціонування нанотехнологічного сегменту глобального ринку, здатних нівелювати чи принаймні пом'якшити загрози нанотехнологій для людської цивілізації.

Існуючі на сьогодні таксономічні підходи до класифікаційної ідентифікації нанотехнологічних інновацій хоча й не віддзеркалюють повною мірою системність процесів їх глобального відтворення та формування у структурі світового господарства самостійного сегменту – ринку нанотехнологій, однак вже сьогодні закладають усталені методологічні і методичні основи комплексної характеристики їх внутрішньої структури як трансдисциплінарної сфери наукових досліджень. Залишаючись дотепер доволі слабо структурованою, дана царина наукового аналізу володіє високою структурною динамікою розвитку та потужними соціально-економічними екстерналіями, що актуалізує подальший розвиток методичних підходів до класифікації та стандартизації нанотехнологій.

Висновки до розділу 1

1. Інноваційні теорії економічного розвитку є продуктом історичного поступу людської цивілізації, а відтак – вони перманентно зазнавали певних трансформацій за своєю методологічною сутністю щодо тлумачення механізму, факторів і динаміки інноваційного процесу відповідно до змін економічної і політичної систем суспільства. Як поширена течія економічної, соціологічної і філософської думки, усі інноваційні теорії об'єднує одна спільна риса – абсолютизація ролі науки і технологій у соціально-економічному прогресі суспільства, за якої масштабне застосування науково-технічних розробок в економічній діяльності суб'єктів господарювання детермінує їх конкурентний

статус на усіх сегментах глобального ринку та на усіх рівнях корпоративного управління у довгостроковій перспективі.

2. Економічна теорія підходить до дослідження інноваційної діяльності на різних рівнях та у кількох концептуальних площинах: меркантилізму і фізичної економії; класичної політекономії і марксистської теорії; а також неокласичного, інституційного й еволюційного напрямів теорії інноваційної економіки. Кожна з теорій і концепцій, маючи свої конкурентні переваги та методологічні вади, виконала у свій час важливу функцію у формуванні наукових поглядів на проблему інноваційного розвитку суспільства, його джерел, рушійних сил і векторної спрямованості. В останні десятиліття у теоретичному дискурсі інноваційного розвитку спостерігається небачений сплеск наукового інтересу, що пов'язано з системним впливом науково-технічного й інноваційного прогресу на результативність фінансово-господарської діяльності економічних суб'єктів. З погляду дослідження процесів наноіндустріалізації найбільшу кількість раціональних елементів містить еволюційна інноваційна теорія, що є найбільш адекватною «концептуальною матрицею» для системного обґрунтування її сутності і рушійних сил розвитку. Крім того, еволюційна інноваційна теорія найбільшою мірою здатна до розроблення сучасної теоретико-методологічної бази для комплексного дослідження процесів переходу світового виробництва на нанотехнологічні розробки, здатні піднести його на якісно вищий щабель розвитку.

3. Кожна промислова революція зароджувалась на хвилі радикальних інновацій, котрі, кидаючи виклик застарілим елементам технологічного способу виробництва, були ключовим драйвером структурної модернізації світової економічної системи та її збагачення якісно новими техніко-технологічними й інноваційними компонентами. І хоча соціальний попит на подібного роду радикальні інновації з'являється, головним чином, у періоди соціально-економічних криз, життєвий цикл кожної промислової революції триває до тих пір, поки зберігаються ресурсні можливості для прибуткових інвестиційних капіталовкладень у розширення її базових виробництв, причому спочатку у національних, а згодом – і міжнародних масштабах. У міру переходу від однієї

промислової революції до іншої спостерігається значне скорочення періоду їх домінування, що обумовлено як значним прискоренням світового науково-технологічного прогресу, так і загальним скороченням тривалості науково-виробничих циклів.

4. Еволюція промислових революцій охоплює чотири етапи, кожен з яких характеризується притаманними лише йому технологічним способом виробництва, техніко-економічними й організаційно-економічними відносинами, відносинами спеціалізації і кооперування виробництва, механізмами нагромадження і концентрації капіталу, виробничими відносинами і відносинами власності. У своїй сукупності зазначені структурні компоненти промислових революцій, на усіх етапах їх еволюційного розвитку завжди визначали секторальну структуру глобального виробництва, його домінуючі підсистеми і характер взаємозв'язків між ними, організаційні форми господарської культури, інфраструктурне й інституційне забезпечення виробничих відносин, діючі вимоги до професійних компетенцій працівників, пануючі режими й умови праці, а також форми організації виробництва, розподілу, обміну і споживання товарів.

5. Хоча дотепер світове господарство все ще функціонує у домінуючій парадигмі третьої промислової революції, однак вже сьогодні дедалі більшою мірою викристалізовується тренд її поступової трансформації у четверту промислову революцію. Її іманентними ознаками є цифровізація, горизонтальна і вертикальна інтеграція виробничих процесів; цифровізація товарів і послуг; впровадження компаніями цифрових бізнес-моделей та розроблення комплексних технологічних рішень у межах цифрових екосистем; технологічна платформізація бізнесу; злиття технологій та «розмивання» бар'єрів між фізичними, цифровими і біологічними світами та ін. Саме четверта промислова революція здатна з сучасних методологічних позицій найбільш повно розкрити природу, рушійні сили та векторну спрямованість нанотехнологічних трансформацій глобального виробництва. Вже у найближчий період вони набудуть свого концентрованого втілення не тільки і не стільки у виникненні певного роду віддалених соціально-економічних ефектів, а перш за все у докорінних змінах науково-технологічного

ресурсу національних економік та їх конкурентної диспозиції на різних сегментах глобального ринку.

6. У найближчі десятиліття ключову роль у глобальному науково-технологічному прогресі, подоланні світової бідності та вирішенні найгостріших глобальних проблем людства відіграватимуть нанотехнології. Вони є матеріальним базисом кількісних і структурних змін у світогосподарській системі, справляють вирішальний вплив на темпи реалізації у глобальних координатах чергової фази науково-технічної революції, сприяють ефективному вирішенню глобальних проблем людства та визначатимуть на період 2020-2050 рр. ключові параметри міжнародної конкурентоспроможності держав і цілих регіонів.

7. Дуалістичний вплив нанотехнологічних інновацій на структурну динаміку глобального економічного розвитку актуалізує питання щодо реалізації у світових координатах системи базових принципів функціонування нанотехнологічного сегменту глобального ринку: принципу транспарентності та суспільного контролю за процесом ухвалення управлінських рішень; принципу наукової поінформованості; принципу дотримання наноетики; принципу обов'язковості міждисциплінарних громадських дискусій; принципу конфіденційності, приватності і поваги до особистого життя; принципу захисту інтелектуальної власності; принципу пріоритетності застосування нанотехнологічних розробок при розв'язанні найбільш насущних глобальних проблем людства та глобальних цілей сталого розвитку.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [246; 252; 254; 257; 259].

РОЗДІЛ 2.

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕХАНІЗМИ РОЗВИТКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У КОНФІГУРАЦІЇ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ

2.1. Глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій

Світовий ринок нанотехнологій, як один з найбільш динамічних та швидко зростаючих сегментів глобального ринку, за своєю економічною природою відбиває надскладну систему економічних відносин, що складаються між суб'єктами господарювання з приводу виробництва, комерціалізації та споживання нанотехнологічної продукції. В останні два десятиліття він характеризується швидким нарощуванням капіталізації, системною диверсифікацією структурних параметрів та неухильним підвищенням рівня інтернаціоналізації. Зазначені тенденції втілюють у собі, з одного боку, закономірний результат глобального інноваційного прогресу та якісний стрибок у структурній динаміці розвитку світових продуктивних сил, а з другого – дію потужних драйверів розгортання у глобальних координатах чергового етапу науково-технічної революції з докорінною перебудовою технологічного базису суспільного виробництва.

В останні роки у розвитку світового ринку нанотехнологій чітко окреслились і набули усталеного характеру *глобальні тренди його структуризації*, котрі за своєю економічною природою, рушійними силами, механізмами дії та векторною спрямованістю відбивають по суті ключові закономірності нанотехнологічних трансформацій світогосподарської системи. У контексті системного підходу та діалектичного методу наукового дослідження сучасних нанотехнологічних інновацій конкретизуємо та охарактеризуємо їх. Насамперед слід відзначити *стрімке нарощування капіталізації нанотехнологічного сегменту світового ринку*, яка зросла у період 2010-2023 рр. з 15,7 [126] до майже 79,2 млрд дол. США [180]. Це засвідчує доволі високі темпи її щорічного приросту з перспективним трендом збільшення до 248,6 млрд на період до 2030 р. (рис. 2.1) та сукупним

середньорічним темпом приросту (англ. – *Compound Annual Grows Rate – CAGR*) на рівні 17,8% у період 2022-2030 рр. [180].

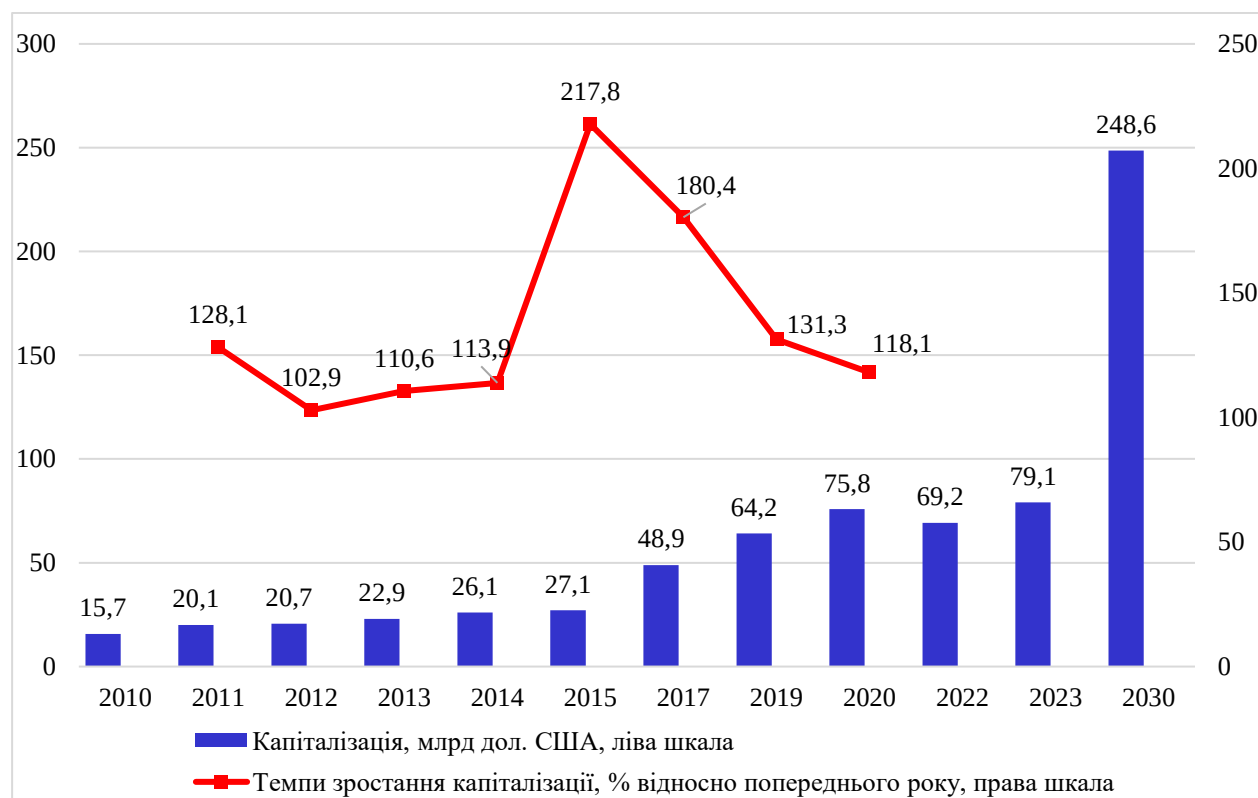


Рис. 2.1. Динаміка капіталізації глобального ринку нанотехнологій у 2010-2023 рр. з прогнозом до 2030 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано автором за даними [106; 180].

Подібна динаміка підтверджує, на нашу думку, й *неухильне нарощування масштабів залучення нанотехнологій і наноматеріалів у світогосподарський обіг як на рівні окремих його секторів, так і міжсекторальних та територіально-просторових комплексів*. Це породжує потужні синергетично-кумулятивні ефекти розвитку міжнародної економічної системи та її переведення на якісно вищий щабель технологічного розвитку. Звернімо при цьому увагу на наявність доволі вагомих методичних вад у прогнозних оцінках щодо масштабів глобального нановиробництва та місткості світового наноринку з причин відсутності чітких і транспарентних правил реєстрації та маркування нанопродуктів³, а також недостатньої диференціації залучених у міжнародний обмін товарів, що містять у

³ Примітка.

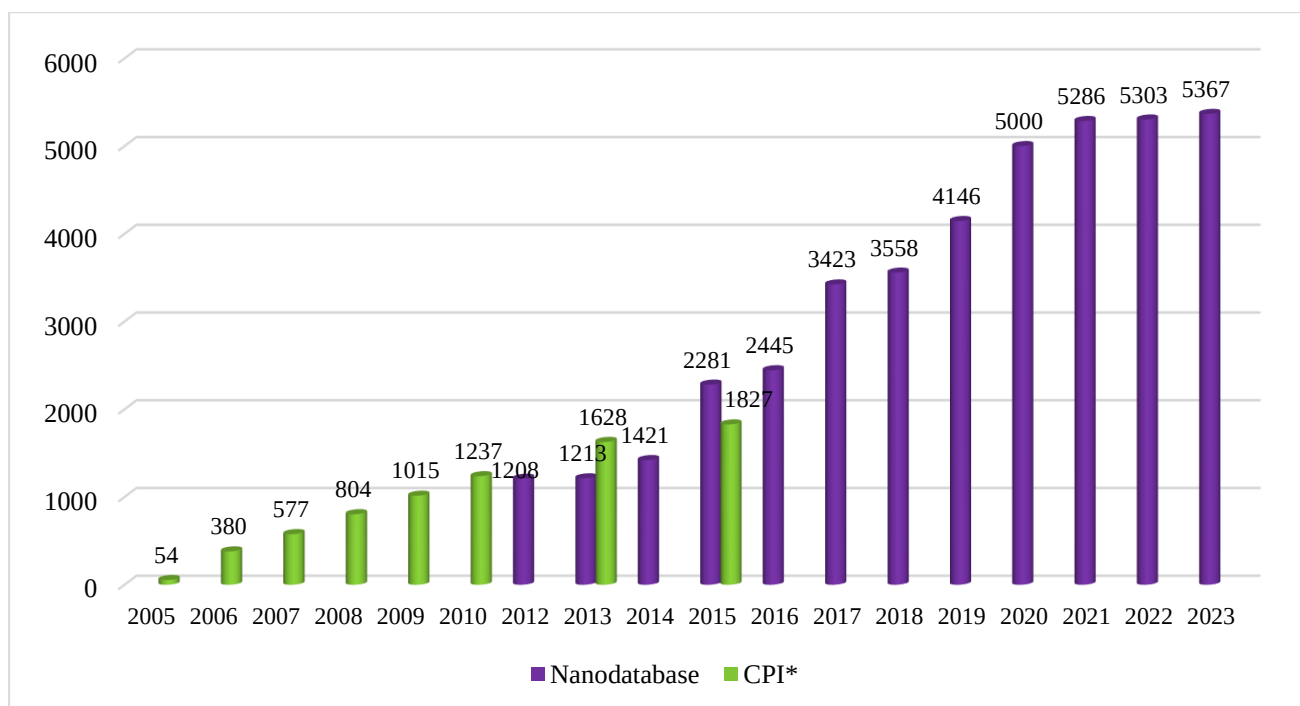
Товарів, що містять наночастинки та виготовлені з використанням нанотехнологій.

своїй структурі немарковані наноречовини. Йдеться насамперед про інвестиційні і споживчі товари, приватні технології і технологічні комплекси, технологічне обладнання і послуги, інформацію і кваліфіковану робочу силу, товари кінцевого споживання й інститути (на кшталт стандартів, регуляторних норм, правил тощо). Так, проведене неурядовою організацією Франції Avicepp упродовж грудня 2021 р. – серпня 2022 р. дослідження споживчого ринку цієї держави виявило наявність немаркованих наноречовин у 20 із 23 продуктів, що є явним порушенням чинних правил ЄС щодо їх ринкового обігу. До таких речовин було віднесено, зокрема, наночастинки срібла, кремнезему та оксиду заліза у косметичних продуктах, продуктах харчування, засобах гігієнічного догляду, а також дитячих іграшках і пакувальних матеріалах [192]. Окрім того, у 2023 р. ціла низка зелених неурядових організацій Європейського Союзу закликала уряди держав-членів даного інтеграційного угруповання до усунення невинуватених винятків у ринковому обігу наноматеріалів та підтримання суворого контролю за навмисним додаванням мікропластику у продукти (зокрема, при заповненні спортивних майданчиків штучним покриттям) [150].

Таким чином, з урахуванням *масштабної мінізації глобального нановиробництва і наноринку* вартісні обсяги його капіталізації будуть, на нашу думку, значно більшими. Так, нині у світі майже 2,4 тис компаній зареєстрували виробництво товарів, котрі мають у своїй структурі наночастинки чи наноструктуровані матеріали. Наголосимо, що *кількість таких компаній з року в рік неухильно збільшується* і станом на сьогодні їх загальна кількість становить майже 9 тис [174]. Загальна ж кількість споживчих нанотехнологічних товарів, зареєстрованих у реєстрі Nanodatabase⁴, становила станом на кінець 2023 р. майже 5,4 тис найменувань (рис. 2.2), вироблених 626 компаніями з 55 країн світу. Водночас на продукцію, вироблену з використанням нанотехнологій, припадає нині близько 0,5% глобального валового внутрішнього продукту [195, с. 145].

⁴ Примітка.

Реєстр Nanodatabase був заснований у 2012 р. Данською радою споживачів, Данською екологічною радою та факультетом екологічного проектування Данського технічного університету.



* - Реєстр споживчих нанотехнологічних товарів (англ. – *Nanotechnology Consumer products inventory – CPI*) був сформований у 2006 р. у рамках реалізації Проєкту з нових нанотехнологій (PEN) та згодом оновлений групою учених з Технічного інституту Вірджинії та Міжнародного центру В. Вільсона.

Рис. 2.2. Кількість споживчих товарів, заявлених у Nanodatabase і CPI в якості нанотехнологічної продукції, одиниць

Джерело: побудовано автором за даними [181].

Свою чергою, станом на 2021 р. у Сполучених Штатах Америки функціонували 1030 нанокомпаній, котрі займаються розробленням та комерціалізацією нанотехнологій і наноматеріалів. У Респ. Корея їх налічується 880, Канаді – 598, Франції – 443, Італії – 176, Японії – 187, Швейцарії – 112, Норвегії – 86, Бельгії – 83, Польщі – 74, Чехії – 71, Литві – 62, Португалії – 61, Данії – 52 (табл. 2.1). Загальносвітова ж кількість організацій, котрі спеціалізуються на виконанні робіт, пов'язаних з нанотехнологіями, становить на сьогодні близько 4 тис, з них понад 2 тис – це науково-дослідні лабораторії і наукові асоціації та біля 2 тис – комерційні установи [283, с. 173]. Саме вони розробили на сьогодні сотні найменувань наноструктурованих продуктів конструкційного і функціонального призначення, опанувавши десятками способів їх отримання та серійного виробництва.

Таблиця 2.1

**Загальна кількість функціонуючих нанотехнологічних компаній
за окремими країнами у 2008-2021 рр.**

Країна	2008	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Бельгія	...	...	125	157	...	102	...	97	...	90	...	83
Бразилія	...	...	123	...	159	...	...	162	...	...	...	...
Канада	...	47	49	44	83	96	95	123	105	114	374	598
Чехія	69	74	71	61	62	64	55	74	80	76	66	71
Данія	...	...	51	54	...	35	...	26	...	29	...	52
Фінляндія	...	...	...	98	...	...	...	92	...	...	...	...
Франція	384	577	532	659	546	545	501	558	593	563	485	443
Німеччина	740	...	960	1135	...	...	...	...	...	...	...	...
Ірландія	...	...	79	37	...	27	...	15	...	12	...	32
Італія	...	157	136	164	157	154	225	247	262	212	172	176
Японія	...	...	210	225	221	165	176	180	211	185	178	187
Респ. Корея	...	...	468	541	590	609	673	717	775	809	862	880
Латвія	...	...	...	...	...	...	0	3	2	2	2	2
Литва	...	...	...	...	...	...	...	...	21	24	43	62
Мексика	...	...	188	80	...	104	144	...	...	...	...	...
Норвегія	...	...	63	69	79	91	59	79	75	77	80	86
Польща	...	...	...	71	66	101	107	88	100	86	71	74
Португалія	26	28	34	32	40	44	37	41	46	51	57	61
Словаччина	...	...	5	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Словенія	...	...	11	15	11	14	4	11	9	8	6	3
Швейцарія	222	...	...	...	...	175	...	148	...	121	...	112
США	...	...	...	...	1432	1689	1804	867	957	900	1070	1030

Джерело: побудовано автором за даними [141].

Головна особливість ринку нанотехнологій в якості одного зі структурних сегментів глобального ринку полягає в тому, що на ньому купуються і продаються не традиційні товари і послуги, а нанотехнології. Вони, як відомо, здатні забезпечити не тільки кардинальне зниження обсягів виробничого споживання обмеженої і не відтворюваної природно-ресурсної бази, але й суттєво підвищити ефективність її використання та подовжити терміни експлуатації технологічного обладнання й інструментів. Не випадково, нанотехнології вже сьогодні масово застосовуються у високотехнологічному виробництві високоміцних нанокристалічних та аморфних матеріалів, біосумісних трансплантаційних тканин та лікарських препаратів, нанопористих матеріалів для хімічної і нафтохімічної промисловості (на кшталт каталізаторів, адсорбентів, молекулярних фільтрів і сепараторів), тонкоплівкових і гетероструктурних компонентів для мікроелектроніки та оптоелектроніки, магнітом'яких і магнітотвердих матеріалів,

інтегрованих мікроелектромеханічних пристроїв, негорючих нанокompозитів тощо [204, с. 8].

З огляду на викладене вважаємо, що *нанотехнології вже у найближчі десятиліття не тільки детерминуватимуть ресурсну безпеку багатьох країн світу, але й закладуть, на нашу думку, якісно нові параметри їх міжнародної конкурентоспроможності та стратифікаційного поділу за рівнем науково-технічного й інноваційного розвитку*. Тож дане питання набуває особливої актуальності в сучасних умовах динамізації процесів техноглобалізму, котрі, цілком природно, відкриють доступ до нанотехнологічних здобутків людства держав – нинішніх аутсайдерів світового інноваційного прогресу, суттєво розширивши при цьому ресурсні можливості нівелювання глибоких диференціацій в інноваційному розвитку країн і цілих регіонів.

Аналізуючи світовий ринок нанотехнологій, слід відзначити, що на тлі *високих темпів приросту його капіталізації в останнє десятиліття він характеризується глибокими структурними асиметріями*. Так, лідерські позиції у світовому виробництві продукції із застосуванням нанотехнологічних розробок посідають Сполучені Штати Америки (понад 45% глобального обсягу) та європейські держави (близько 20%) – Великобританія, Франція, Німеччина, Фінляндія, Швейцарія, Італія, Швеція, Данія та Нідерланди. Далі йдуть країни азійського мегарегіону (КНР, Тайвань, Респ. Корея та Японія), на які сукупно припадає біля 20% глобального виробництва нанотехнологічних товарів. З-поміж інших держав, представлених нині на нанотехнологічному сегменті глобального ринку, слід відзначити також Австралію, Канаду, Мексику, Ізраїль, Нову Зеландію, Малайзію, Сінгапур і Філіппіни, котрі сукупно виробляють близько 7% представленої на ньому нанотехнологічної продукції [204, с. 9].

Стрімка активізація в останнє десятиліття науково-дослідних робіт, пов'язаних з нанотехнологічними розробками, відображається у величезному потокові наукових публікацій, зростанні кількості патентів, винаходів та спеціалізованих журналів, а також щорічно організовуваних міжнародних конференцій, симпозіумів і круглих столів. Зокрема, тільки у 2021 р. у журналах,

індексованих у наукометричній базі Web of Science, було опубліковано майже 202 тис статей на дану тему. З цієї кількості китайськими дослідниками було опубліковано 85,8 тис статей, американськими – 23,2 тис, індійськими – 19 тис, іранськими – 11,2 тис, корейськими – 10,4 тис, німецькими – 9 тис, японськими – 7,7 тис, британськими – 6,2 тис, французькими – 5,8 тис [142]. Наголосимо, що саме за кількістю публікацій на нанотехнологічну тематику можна судити про рівень розвитку даного сектора в цілому. Тож звертає на себе увагу той факт, що у КНР питома вага наукових публікацій з нанотехнологічної тематики у загальній кількості статей становить біля 2,7%, тоді як в інших державах і регіонах – від 0,6 до 1,4% [195, с. 145], що засвідчує виривання Китаю у світові лідери з виробництва і комерціалізації нанотехнологій.

Ще однією прикметною ознакою наукових досліджень у царині нанотехнологічних розробок є стрімка *динамізація міжнародних співавторських зв'язків у публікаційній діяльності*. Зокрема, станом на тепер близько 23,6% усіх наукових публікацій у світі з нанофотоніки були виконані міжнародними колективами авторів, причому питома вага подібних публікацій зросла з 19,9% у 2000 р. до 26,7% у 2017 р. При цьому спостерігається значне варіювання даного індикатора за різними державами, зокрема, за групою країн з кількістю публікацій з нанофотоніки на рівні понад 100 у рік, від 16,9% в Індії до 87,3% у Саудівській Аравії. Водночас рівень інтернаціоналізації наукових досліджень даного напрямку понад 50% мають на сьогодні Сінгапур, Великобританія, Німеччина, Італія та Франція [177, с. 31].

Окрім того, з даних, наведених у табл. 2.2, можна зробити висновок про різнорівневу конкурентну диспозицію держав у глобальній еліті наукових досліджень з проблематики нанофотоніки. Наприклад, світовий внесок Великобританії у топ-10% та топ-1% найбільш цитованих публікацій з нанофотоніки становить 10,1% та 13,9%, тоді як її внесок у ті ж самі сегменти світової літератури з нанотехнологій – 5,2% та 6,5% відповідно [177, с. 31]. Подібна ситуація характерна також для США, Німеччини, Франції та Сінгапуру, що свідчить про доволі різний їх спеціалізаційний профіль у сучасних

нанотехнологічних дослідженнях та ставку на найбільш проривні напрями, здатні закріпити технологічне лідерство зазначених країн на найближчі десятиліття.

Таблиця 2.2

Конкурентна диспозиція окремих держав у найбільш цитованих наукових публікаціях з проблематики нанофотоніки у 2000-2016 рр.

Країна / група країн	Питома вага публікацій у:		Країна / група країн	Питома вага публікацій у:	
	топ-10% найбільш цитованих статей	топ-1% найбільш цитованих статей		топ-10% найбільш цитованих статей	топ-1% найбільш цитованих статей
США	43,0	59,4	Китай	19,3	14,2
Великобританія	10,1	13,9	Японія	5,9	4,5
Німеччина	8,7	8,3	Сінгапур	4,5	5,1
Франція	5,5	4,3	Респ. Корея	3,6	3,2
Канада	4,3	5,3	Тайвань	1,7	1,1
Італія	3,0	2,7	Індія	1,6	0,5

Джерело: побудовано автором за даними [177, с. 32].

Наступним глобальним трендом структуризації світового ринку нанотехнологій, яка з особливою очевидністю окреслилась в останнє десятиліття, є зростання витрат бізнес-сектору на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій. Їх щорічні обсяги зросли у період 2010-2019 рр. з 13,5 до 23,5 млрд дол. США у Сполучених Штатах Америки; з 0,6 до 1,5 млрд у Франції; з 18,3 до 52,7 млн у Канаді; з 4,2 до 10,7 млн у Португалії відповідно (табл. 2.3). Цілком природно, що саме зазначені держави завдяки масштабним витратам національного бізнес-сектору на нанотехнологічні ДіР неухильно нарощують свій конкурентний вплив та зміцнюють інноваційне лідерство на високотехнологічному сегменті глобального ринку.

У цьому зв'язку маємо зазначити, що точна оцінка загальних витрат приватного сектору на нанонауку є на сьогодні украй ускладненою. Справа в тому, що подібного роду інвестиційні капіталовкладення здійснюють нині не тільки великі компанії корпоративного сектору, але й малі та середні фірми, а також венчурні капіталісти як свідчення значного розширення суб'єктної структури інвестиційних процесів у сфері нанотехнологій. Між тим, за деякими експертними

оцінками, витрати приватного сектору на нанотехнологічні ДіР коливаються сьогодні в діапазоні від 60 до 65% загального вартісного обсягу бюджетних асигнувань даного сектору.

Таблиця 2.3

**Витрати на дослідження і розробки бізнес-сектору у сфері нанотехнологій
за окремими країнами ОЕСР у 2008-2019 рр., млн дол. США**

Країна	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Бельгія	...	...	...	...	172,7	...	216,1	...	293,6
Канада	...	18,3	17,4	...	...	38,9	37,4	45,9	52,7
Чехія	36,5	38,2	39,7	39,5	64,7	67,9	66,4	111,3	115,8
Данія	...	...	...	...	27,4	...	13,3	...	16,8
Фінляндія	...	...	...	...	...	...	38,2	...	...
Франція	617,4	809,5	891,7	1008,6	956,9	1129,1	1126,0	1143,1	1471,7
Німеччина	...	...	...	...	...	...	2309,4	...	2791,3
Ірландія	...	...	...	...	38,5	...	199,4	...	168,3
Італія	...	233,2	273,1	269,7	220,6	182,5	204,9	205,9	203,4
Японія	...	...	821,2	1234,7	894,9	945,3	905,2	1013,4	1069,0
Литва	...	...	...	...	...	...	...	4,3	5,8
Мексика	...	132,7	21,5	52,8	37,8	21,7	...	...	...
Норвегія	...	...	29,5	32,9	36,4	30,6	35,5	35,8	45,3
Польща	...	...	...	69,4	127,3	19,9	23,2	25,4	34,9
Португалія	3,3	4,2	4,1	8,0	8,3	6,6	8,6	10,1	10,7
Словенія	...	...	12,7	3,9	6,2	1,7	2,2	1,5	0,8
Швейцарія	162,1	...	118,1	...	190,6	...	152,5	...	135,2
США	...	13500,0	14054,0	17639,7	21616,7	25304,6	18237,0	16799,0	23484,0

Джерело: побудовано автором за даними [130].

На цій основі можна виокремити такі *глобальні тренди у приватному фінансуванні досліджень і розробок у сфері нанотехнологій*, як-от: нарощування витрат на ДіР нанотехнологічного профілю з боку великих глобальних компаній та малих і середніх інноваційних фірм, а також збільшення витрат приватного сектору на фундаментальні дослідження і розробки у сфері нанонауки. Зокрема, у Сполучених Штатах Америки їх питома вага становить близько 14% загального обсягу інвестування у нанонауку. Зазначимо також, що *витрати глобального корпоративного сектору на нанотехнологічні ДіР демонструють зростання їх вартісних обсягів навіть на тлі певної стагнації капіталовкладень у дослідження і розробки інших напрямів*. І це при тому, що світовий ринок нанотехнологій перебуває на сьогодні лише на початковому етапі своєї структуризації, а отже – лєвова частка фінансування його ДіР припадає все ж таки на державні науково-дослідні установи.

Однак, порівняння тільки кількісних індикаторів щодо масштабів приватного фінансування нанотехнологічних досліджень і розробок здатне сформулювати лише загальне уявлення щодо співвідношення країнових сил на світовому ринку нанотехнологій, а отже – неспроможне повною мірою відобразити національний науково-дослідний потенціал різних держав та економічну ефективність їх нанотехнологічних розробок. Тож одним з узагальнюючих показників її оцінки вважаємо інтенсивність ДіР нанотехнологічного профілю, яка розраховується як співвідношення витрат компаній на нанотехнологічні дослідження і розробки до вартісного обсягу їх виручки. У цьому зв'язку звернімо увагу на те, що саме Сполучені Штати Америки у довгостроковому періоді характеризуються найвищим показником інтенсивності ДіР нанотехнологічного профілю. Його динаміка засвідчує найвищий, порівняно з іншими країнами, рівень сприйнятливості американських компаній і фірм до нових відкриттів, їх високу інноваційну продуктивність та глибоке включення у процес продукування нанотехнологічних розробок. Як свідчать дані, подані на рис. 2.3, у період 2010-2021 рр. інтенсивність нанотехнологічних ДіР США коливалась від мінімального значення 4% у 2018 р. до максимальних 7% у 2016 р., тоді як для Франції середньорічне значення даного індикатора становило за вказаний період 2,5%, Італії – 1,4%, Японії – 0,8% відповідно [86].

Маємо зазначити, що зазначені держави-лідери за вартісними обсягами інвестиційних капіталовкладень у нанотехнології є не просто найбільш розвинутими у технологічному плані країнами, вони є також найбільшими отримувачами прибутків від реалізації нанотехнологічної продукції. Так, комплексний аналіз стратегій розвитку науки і технологій на довгострокову перспективу (на період до 2030 р.) демонструє, що національні уряди багатьох держав світу повною мірою усвідомлюють об'єктивну необхідність виокремлення у системі стратегічних пріоритетів конкурентного розвитку так званих ключових технологій, на розробленні і комерціалізації яких мають бути сконцентровані їх зусилля з досягнення конкурентоспроможності високотехнологічної продукції.

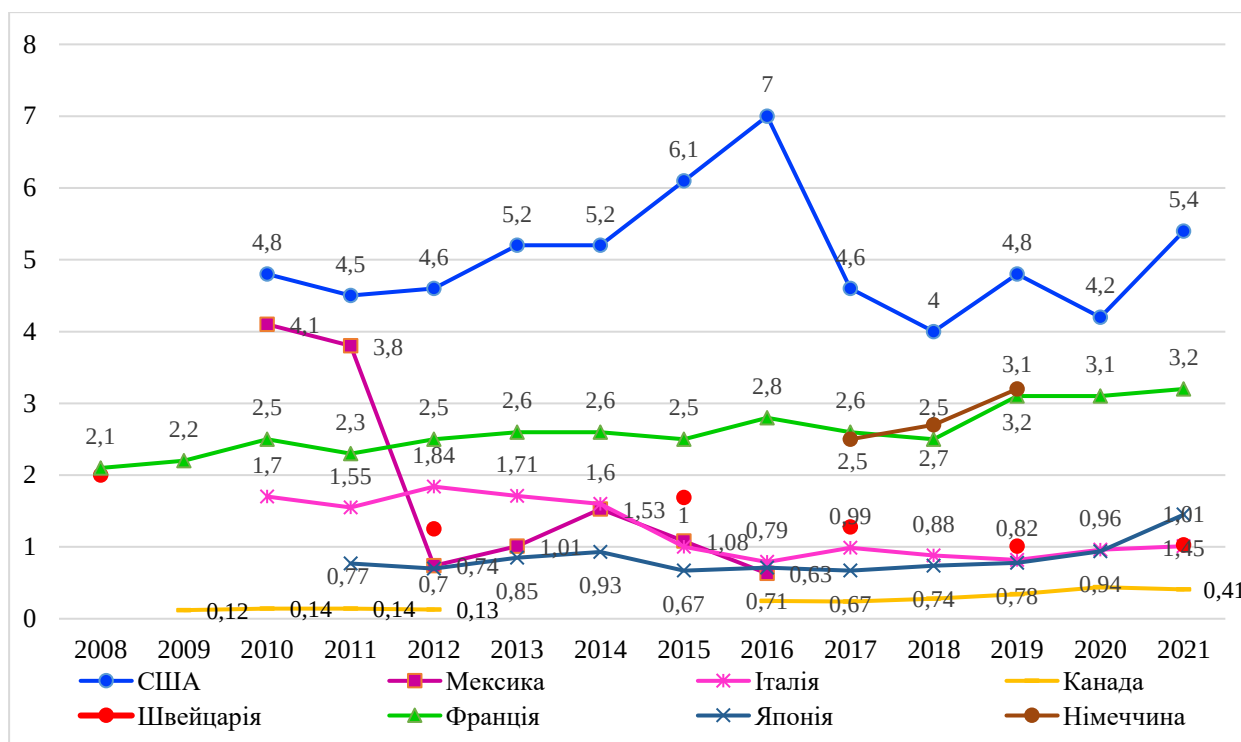


Рис. 2.3. Інтенсивність ДіР у сфері нанотехнологій у бізнес-секторі у 2008-2021 рр., за окремими країнами, %

Джерело: побудовано автором за даними [86].

На нашу думку, потужним драйвером подальшого нарощування капіталізації глобального ринку нанотехнологій є на сьогодні *зростання ринкового попиту на нанокompозити з боку широкого кола промислових секторів національних економік держав*. У найближчі десятиліття він буде лише збільшуватись, акселеруючи подальший розвиток даного сектору та його системну структурну диверсифікацію. Наприклад, прикметною ознакою останніх років є стрімка інтенсифікація світового виробництва та застосування такого якісно нового композиційного матеріалу як динамічно вулканізовані термоеластопласти. Поєднуючи у своїх споживчих характеристиках властивості вулканізованих каучуків та термопластів, вони активно завойовують сировинний сегмент глобального ринку зі щорічним темпом приросту капіталізації на рівні від 10 до 15% [195, с. 146].

Прискорений розвиток прикладних досліджень у сфері нанотехнологій в останнє десятиліття породжує ще один важливий глобальний тренд структуризації нанотехнологічного сегменту світового ринку, а саме: *зростання кількості виданих їх економічним суб'єктам патентів з боку Бюро патентів і торговельних марок*

США (англ. – United States Patent and Trademark Office – USPTO) та Європейського патентного відомства (англ. – European Patent Office – EPO). Як показують дані табл. 2.4, тільки у 2021 р. у Бюро патентів і торговельних марок США було зареєстровано 9705 патентів у галузі нанотехнологій, а у Європейському патентному відомстві – 2888 патентів.

Таблиця 2.4

**Кількість патентів на нанотехнології,
зареєстрованих в USPTO та EPO, у 2001-2023 рр.**

Країна	2001		2010		2015		2019		2021		2023*	
	USPTO	EPO	USPTO	EPO	USPTO	EPO	USPTO	EPO	USPTO	EPO	USPTO	EPO
США	885	76	2564	266	4365	421	4837	962	4889	879	3354	570
Німеччина	55	39	200	162	307	229	348	406	274	330	171	198
Японія	159	37	521	74	902	131	707	309	666	233	442	154
Франція	68	4	108	87	242	152	233	284	209	247	131	173
Респ. Корея	19	1	391	34	839	52	931	236	826	242	698	155
Швейцарія	10	5	34	29	64	48	87	98	105	117	57	80
Італія	7	5	28	31	41	47	56	77	46	68	36	49
Велико-британія	17	10	30	27	109	45	149	139	175	113	94	89
Нідерланди	7	9	93	37	156	43	86	100	123	68	65	64
Китай	2	1	98	9	393	28	746	103	824	141	614	131
Усього по світу	1328	243	4476	852	8588	1415	9515	3155	9705	2888	6886	1947

* - дані станом на вересень 2023 р.

Джерело: побудовано автором за даними [128; 127].

Зазначені показники становили за 9 місяців 2023 р. відповідно 6886 і 1947 патентів відповідно. Загалом же, у період 2002-2021 рр. у USPTO було оформлено близько 175 тис патентів у галузі нанотехнологій [129], а в EPO – 28,1 тис [127]. Подібного роду регіональна диспропорційність у патентуванні нанотехнологій на користь Бюро патентів і торговельних марок Сполучених Штатів Америки (рис. 2.4) є, на нашу думку, яскравим свідченням *найвищого рівня розвитку американської системи захисту прав інтелектуальної власності*. Остання не тільки надає запатентованим винаходам нанотехнологічного профілю найвищого інноваційного статусу, але й забезпечує необмежені можливості для їх комерціалізації на глобальному рівні. Звернімо увагу й на те, що *ключові напрями*

патентного захисту нанотехнологій пов'язані на сьогодні переважно з патентуванням різноманітних наночастинок, методів виробництва нанопродукції, а також таких піонерних на сьогодні сфер її застосування як: вуглецеві нанотрубки і наноструктуровані покриття, нанокомпозити і фільтри, напівпровідники й інтегральні схеми, адресна доставка лікарських засобів та ін.



Рис. 2.4. Кількість зареєстрованих в USPTO патентів на нанотехнології у 2002-2021 рр.

Джерело: побудовано автором за даними [129].

З погляду кількості зареєстрованих у 2021 р. патентів, лідерські позиції у їх об'єктній структурі посідають графен і нанотрубки, третє місце посідають квантові точки з 755 виданими USPTO патентами [196]. Водночас такі наноматеріали як нанофлюїди та максен мають відносно невелику кількість зареєстрованих патентів, попри доволі велику кількість наукових публікацій з даної проблематики, що вказує на загалом низький рівень комерціалізації зазначених наноматеріалів на національному і глобальному рівнях. Окрім того, у корпоративному вимірі у Топ-25 найбільших патентовласників лідерські позиції посідають глобальні електронні компанії з причин бурхливого розвитку даного сегменту світового ринку та стрімкого приросту ринкового попиту на мобільні цифрові пристрої.

Як випливає з даних, представлених у табл. 2.3, безумовним світовим лідером процесу патентування нанотехнологічних розробок є на сьогодні Сполучені Штати Америки, економічні суб'єкти яких за 9 місяців 2023 р. зареєстрували у USPTO та ЕРО 3924 патентів, або 44,4% їх глобальної кількості. Подібні масштаби патентування спонукали Бюро патентів і торговельних марок цієї держави у жовтні 2004 р. запровадити новий клас об'єктів інтелектуальної власності (Class 977), призначений для обліку патентів нанотехнологічного напрямку. Далі йдуть Респ. Корея (853 патентів, 9,7% їх сукупної кількості), Китай (745, 8,4%), Японія (596, 6,7%) та Німеччина (369, 4,2% відповідно). На зазначені держави в сукупності припадає нині 73,4% загальносвітового обсягу патентування нанотехнологічних розробок. Як бачимо, Китай за масштабами патентування нанотехнологій на сьогодні суттєво випереджає Німеччину та Японію, хоча його загальне бюджетне фінансування нанотехнологічного напрямку суттєво поступається відповідним показникам найближчих конкурентів.

У цьому зв'язку звернімо увагу на те, що при здійсненні подібного роду розрахунків використовується занижений обмінний курс китайського юаня відносно американського долара, який на цифрах суттєво зменшує здійснені КНР витрати на нанонауку порівняно з іншими країнами. Даний факт з усією очевидністю підтверджує виривання цієї держави у світовий інноваційний авангард, яке супроводжується значним розширенням її патентної активності та є закономірним результатом успішно реалізованої упродовж 1980-х років структурної трансформації національного промислового комплексу на користь наукомістких секторів економіки.

У комплексному аналізі глобальних трендів структуризації нанотехнологічного ринку на особливу увагу заслуговує *динамічне зростання зайнятості у даному секторі*, що відбиває зростаючі потреби наноіндустрії у професійно орієнтованих спеціалістах з професійними компетенціями і навичками організації та проведення міждисциплінарних досліджень на стикові інженерії, хімії, фізики та біології. Зокрема, згідно прогнозів Національної наукової фундації США, компанії, котрі працюють у сфері нанотехнологій, вже у найближчі

десятиліття утворюють від 800 тис. до 2 млн. нових робочих місць [209, с. 29]. Подібна динаміка приросту зайнятості у нанотехнологічному секторі спричинена також широкими можливостями кар'єрного зростання працівників у таких сферах як: електроніка і напівпровідникова промисловість, матеріалознавство (у тому числі у текстильній промисловості, виробництві полімерів та пакувальних матеріалів), автомобільна й аерокосмічна промисловість, виробництво товарів спортивного призначення, медицина і фармацевтика, оборонний сектор та екологічний моніторинг, харчова промисловість і криміналістика, енергетичний сектор та системи акумулювання енергії тощо.

Доцільно зауважити, що ринок нанотехнологій з року в рік пред'являє усе зростаючий попит на спеціалістів високої кваліфікації у сфері науки і техніки (*англ. – Human resources in science and technology – HRST*). Якщо говорити конкретними цифрами, то у 2022 р. у державах-членах Європейського Союзу у даному секторі були зайняті майже 76 млн осіб віком від 15 до 74 років (котрі розглядаються як людські ресурси у сфері науки і техніки за своїм професійним профілем). З цієї величезної кількості 58,4% осіб репрезентували групу «професіоналів» (науковців, інженерних кадрів та інших професіоналів) з найбільшою їх часткою у Португалії (66,9%), Ірландії (68,3%), Румунії (72,3%), Греції (75,4 %), Литві (74,6%) та Люксембурзі (73,8 %) (рис. 2.5).

Наголосимо на тому, що підвищення масштабів зайнятості у нанотехнологічному сегменті глобальної економіки супроводжується одночасним *підвищенням рівня заробітних плат у даному секторі*. Це засвідчує високий потенціал нарощування конкурентоспроможності нанотехнологічних робочих місць. Наприклад, у Сполучених Штатах Америки, згідно даних Бюро статистики праці цієї держави, середня заробітна плата інженерів-механіків становила у 2021 р. близько 95,3 тис дол. США; інженерів з електротехніки та електроніки – 101,8 тис; а найбільш оплачуваних категорій інженерів (найвищого десятого процентилю) – понад 160 тис дол. (табл. 2.5).



- - науковці та інженерні кадри
- - інші професіонали (окрім науковців та інженерних кадрів)
- - техніки та допоміжні спеціалісти

Рис. 2.5. Професійна структура спеціалістів високої кваліфікації у сфері науки і техніки за окремими державами у 2022 р., %

Джерело: побудовано автором за даними [76].

Хоча Бюро статистики праці США не узагальнює дані щодо заробітних плат наноінженерів, однак сайт даних Payscale наводить таку інформацію щодо їх зарплат станом на 2022 р.: молодший інженер-механік – 62,1 тис дол. США у рік; інженер-механік – 73,6 тис; старший інженер-механік – 101,7 тис; інженер-електрик – 78,7 тис. Окрім того, згідно даних Payscale, середня річна заробітна плата випускників університетів зі ступенем магістра інженерії в галузі нанотехнологій становила у 2022 р. 118 тис дол. США, незалежно від посади; найвищу заробітну плату отримують інженери-механіки у Лос-Анджелесі, Сієтлі та Сан-Дієго, а інженери-електрики – у Сан-Дієго, Лос-Анджелесі та Х'юстоні (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Рівень заробітних плат за окремими професіями у нанотехнологічному секторі та найбільшими мегаполісами Сполучених Штатів Америки у 2022 р.

Професія у нанотехнологічному секторі	Медіанний рівень річної заробітної плати, дол. США	Мегаполіс	Рівень заробітної плати працівників інженерів-механіків нанотехнологічного сектору	Рівень заробітної плати працівників інженерів-електриків нанотехнологічного сектору
Молодший інженер-механік	62100	Лос-Анджелес	на 13,2% більше, ніж у середньому по країні	на 10,2% більше, ніж у середньому по країні
Інженер-механік	73600	Сіетл	на 10,9% більше, ніж у середньому по країні	...
Старший інженер-механік	101700	Сан-Дієго	на 10% більше, ніж у середньому по країні	на 16,9% більше, ніж у середньому по країні
Інженер-електрик	78700	Х'юстон	...	на 7,7% більше, ніж у середньому по країні
Старший інженер-електрик	108700			
Старший головний інженер	144200			

Джерело: побудовано автором за даними [119].

У сучасних процесах сегментації глобального ринку нанотехнологій, з погляду пануючих її методичних підходів, чітко виокремлюється кілька підходів, що відрізняються між собою за типом залученого у світовий ринковий обіг матеріалу. По-перше, це сегментація на основі вуглецю, оксидів металів і неметалів, металів, дендримерів, наноглини та nanoцелюлози [47]; по-друге, виокремлення структурних сегментів наночастинок, нановолокон, нанотрубок, наноглини та нанодротів [121]; по-третє, виокремлення сегментів сажі, вуглецевих нанотрубок, графену, фулеренів, нановолокон; кремнезему; глини; металів/сплавів; кераміки [3] тощо. Зокрема, як наголошують експерти дослідницької агенції Allied Market Research, у найближчі десятиліття очікується особливо динамічний приріст капіталізації світового ринку наноматеріалів на основі металів та оксидів неметалів, котрі демонструють на сьогодні масштабне застосування у глобальному промисловому виробництві [120].

Своєю чергою, наносрібло (насамперед завдяки своїм антибактеріальним і протимікробним властивостям) також демонструватиме значне нарощування капіталізації свого ринкового сегменту за рахунок широкого залучення у процес виробництва електроніки, пакувальних матеріалів, текстильної та ІТ-продукції, а також у сферу охорони здоров'я та б'юті-індустрію. Нарешті, світові ринки наноглини та наноцелюлози також з року в рік характеризуються усталеним нарощуванням своєї капіталізації з причин розширення сфер їх промислового застосування [120].

У системній характеристиці глобальних трендів структуризації ринку нанотехнологій на особливу увагу заслуговує також *нарощування масштабів корпоративного венчурного фінансування даного напрямку світового інноваційного прогресу*. Воно включає комплекс заходів та інструментів інвестування бізнес-структурами процесів розроблення, підтримки, інкубування і впровадження венчурних стартапів та різного роду інноваційних програм і проєктів. Наголосимо, що їх реалізація відбувається в сучасних техноглобалізаційних умовах, головним чином, у форматі диверсифікованого науково-технологічного співробітництва материнських підрозділів багатонаціональних підприємств та малих інноваційних компаній [216, с. 59; 230, с. 157, 158]. Це забезпечує динамічну розбудову у світовому господарстві глибоко інтегрованих у горизонтальному і вертикальному вимірах корпоративних венчурних екосистем. Так, ні для кого не секрет, що у більшості держав-лідерів найбільшим джерелом фінансування сфери досліджень і розробок є саме приватні інвестиції. Їх частка у загальних внутрішніх витратах на ДіР (*англ. – Gross Domestic Expenditures on R&D – GERD*) становила у 2021 р. за групою держав ОЕСР 64,6%, у тому числі в Австрії 52,9%, Франції – 55,4%, Фінляндії – 58,1%, Швеції – 60,7%, Німеччині – 62,8%, Бельгії – 64,4%, Швейцарії – 65,9%, США – 67,9%, Респ. Корея – 76,1%, досягаючи максимального значення у 78,1% в Японії (рис. 2.6).

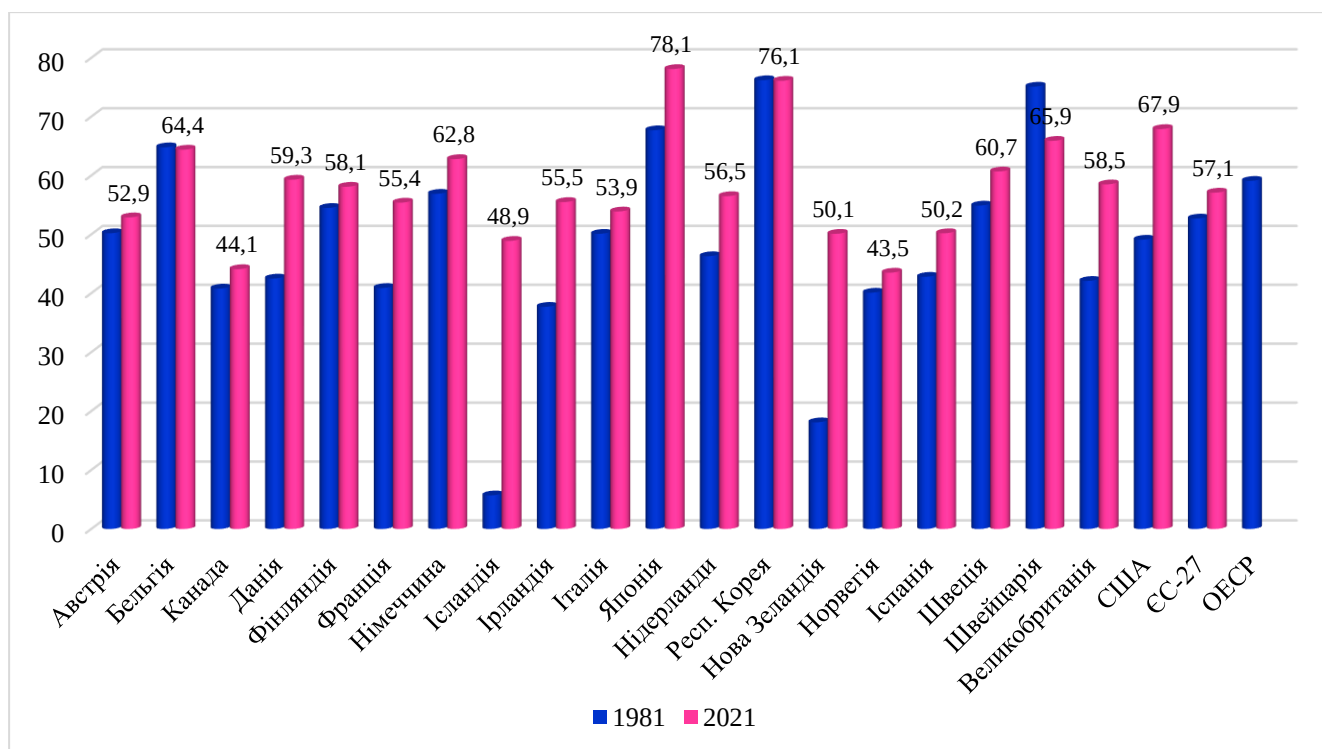


Рис. 2.6. Питома частка бізнес-сектору у загальних внутрішніх витратах на ДіР за окремими країнами ОЕСР у 1981 р. та 2021 р., %

Джерело: побудовано автором за даними [103].

При цьому понад 40% глобальних технологічних компаній активно використовують фондові механізми підтримки інноваційних розробок; а біля 10% інноваційно-місткої продукції, виробленої бізнес-сектором, продукується з використанням результатів фундаментальних ДіР. Красномовним підтвердженням даної тези є, зокрема, той факт, що у 2022 р. загальний вартісний обсяг інноваційних витрат Топ-20 глобальних корпорацій (з сукупною вартістю активів у 5,4 трлн дол. США) досягнув майже 400 млрд дол. США (табл. 2.6), що співвимірно з науково-дослідними бюджетами багатьох розвинутих держав світу.

Якщо ж повернутись до венчурного фінансування нанотехнологій, то слід наголосити, що *кожна держава розбудовує свою власну її національну модель з урахуванням цілої низки притаманних їй соціально-економічних рис та особливостей*, а саме: масштабів економіки, ступеня концентрації банківського капіталу, міжнародної інвестиційної позиції, рівня внутрішньокраїнових асиметрій регіонального розвитку, доступності венчурного капіталу, наявного ресурсного потенціалу науково-технічного й інноваційного розвитку (державного,

корпоративного та приватного), історично сформованих бізнес-практик та інноваційних традицій великих корпоративних структур, ступеня розвитку малого і середнього інноваційного підприємництва, рівня розвитку фінансового посередництва та корпоративного управління тощо. При цьому ефективність венчурного фінансування нанотехнологій, як свідчить міжнародний досвід, значною мірою визначається рівнем коопераційної взаємодії усіх його учасників, що дає усі підстави розглядати його через призму еволюційної парадигми та екосистемної концепції.

Таблиця 2.6

**Топ – 20 глобальних компаній-лідерів
за вартісними обсягами витрат на дослідження і розробки у 2022 р.**

Рей- тинг	Компанія	Країна походження	Сектор	Витрати на ДіР, млрд дол. США	Загальна вартість активів у 2022 р., млрд дол. США	Загальний дохід у 2022 р., млрд дол. США	Чистий прибуток у 2022 р., млрд дол. США
1	Amazon	США	Інтернет-комерція	73,2	462,7	513,9	-2,7
2	Meta	США	Інформаційні технології	35,3	185,7	116,6	23,2
3	Alphabet	США	Комп'ютерна техніка й обробка даних	28,8	365,3	282,8	59,9
4	Apple	США	Електроніка	26,3	352,8	394,3	99,8
5	Huawei	Китай	Телекомунікації	23,2	154,2	92,4	5,1
6	Microsoft	США	Комп'ютерні технології	22,7	364,8	198,3	72,7
7	Samsung	Респ. Корея	Комп'ютерна техніка й електроніка	18,2	355,8	233,1	43,1
8	Tencent Holdings	Китай	Інтернет-технології	17,7	202,4	82,0	27,9
9	Intel Corp.	США	Виробництво напівпровідників	17,5	182,1	63,1	8,0
10	Volkswagen	Німеччина	Автомобілебудування	17,1	602,4	294,2	15,7
11	Alibaba	Китай	Інтернет-комерція	17,0	267,5	134,6	9,8
12	Roche	Швейцарія	Охорона здоров'я	15,2	95,5	74,9	16,1
13	Johnson& Johnson	США	Охорона здоров'я	14,6	187,4	94,9	17,9
14	Pfizer	США	Охорона здоров'я	11,4	197,2	100,3	31,4
15	Bristol-Myers Squibb	США	Охорона здоров'я	11,1	96,8	46,2	6,3
16	Mercedes-Benz	Німеччина	Автомобілебудування	10,7	277,3	158,0	15,3
17	Merck & Co.	США	Охорона здоров'я	10,1	109,2	59,3	14,5
18	Novartis AG	Швейцарія	Охорона здоров'я	10,0	117,6	51,8	7,0
19	General Motors	США	Автомобілебудування	9,8	264,0	156,7	8,9
20	Toyota Motor	Японія	Автомобілебудування	9,8	557,9	279,3	25,4
Топ-20				399,7	5398,6	3426,7	505,3

Джерело: побудовано автором за даними [149; 185; 101].

Тепер звернімось до організаційно-економічних та інституційних параметрів різних форм фінансування нанотехнологій. Як свідчать дані додатку В, на сьогодні у міжнародній бізнес-практиці сформувались чотири моделі венчурного фінансування нанотехнологій: ринкова, державно-корпоративна, кластерна та мезокорпоративна. Вони принципово відрізняються між собою за масштабами, структурою і пануючими науково-технічними напрямками венчурингу нанотехнологій, ступенем його державного регулювання і домінуючим інструментарієм державної підтримки венчурного підприємництва, специфікою розподілу венчурного фінансування за різними етапами реалізації нанотехнологічних проєктів, пануючими бізнес-моделями корпоративного венчурингу.

Зауважимо, що Сполучені Штати Америки є на сьогодні найбільш розвинутою державою в частині венчурного фінансування нанотехнологій, попри глобальний характер дії тенденції щодо зростаючого інтересу венчурних капіталістів до даного напрямку світового інноваційного прогресу. Зокрема, за даними NanoBusiness Alliance, ціла низка глобальних корпорацій (Mitsubishi, Hitachi, BASF, Motorola, Hewlett Packard, Lucent, NEC, Corning, Dow Chemical та ін.) заснували у своїй структурі корпоративні венчурні фонди та з року в рік нарощують обсяги фінансування нанотехнологічних розробок.

Наприклад, компанія Hewlett-Packard ще у 1999 р. відокремила з власної організаційної структури фірму Agilent Technologies з одночасним переданням їй розробленої продуктової лінійки, жодним чином не пов'язаної з інноваційними розробками у сфері комп'ютерної техніки, інформаційних технологій та оброблення цифрових зображень. На сьогодні ж Agilent Technologies (з річним доходом у 2023 р. у розмірі понад 6,8 млрд дол. США, чистим прибутком в 1,2 млрд та прибутком на акцію в 4,2 дол. [5]) спеціалізується на ДіР у сфері нанотехнологій і біохімії, виробництві світлодіодної і лазерної оптики, мікро-електромеханічних систем, контрольно-вимірювального обладнання для електроніки, пристроїв для хімічного аналізу. Agilent Technologies надає також широкий спектр сервісів для аналітичних лабораторій, компаній клінічної та рутинної діагностики на основі таких технологічних платформ як: автоматизація, біореагенти, зонди FISH, газова

та рідинна хроматографія, імуногістохімія, інформатика, мас-спектрометрія, мікрочипи, спектроскопія, збагачення мішеней та вакуумні технології.

При цьому прикметною ознакою венчурного фінансування нанотехнологій, яка з особливою очевидністю окреслилась в останнє десятиліття, є активний перерозподіл професійними венчурними компаніями своїх інвестиційних фондів у бік нарощування масштабів фінансування нанотехнологічних стартапів. Маючи незначні потреби у капітальних активах, вони не тільки здатні реалізувати інноваційні проєкти за проривними напрямками нанотехнологічного прогресу, але й володіють довгостроковими ресурсними можливостями масштабування бізнесу та комерціалізації інновацій. Так, у 2023 р. наймасштабнішими стартапами у сфері нанотехнологій стали Graphmatech (загальним обсягом фінансування 84,5 шведських крон), OCSiAl Group (176 млн дол. США), Nicoya Lifesciences (12,6 млн дол. США), NAWA Technologies (24,5 млн євро), Vive Crop Protection (40 млн дол. США) та ін. (табл. 2.7).

Узагальнюючи вищенаведене, слід відзначити, що стрімка структурна динаміка нанотехнологічного сегменту глобального ринку в останні два десятиліття у докорінний спосіб трансформує світову виробничу систему на основі значного розширення технологічних платформ для національних промислових секторів, сфери біомедицини та екології. Зазначені трансформаційні зрушення зумовлені насамперед широкими можливостями щодо маніпуляцій на базовому рівні організації атомів і молекул речовин, активним розвитком трансдисциплінарних наукових досліджень, глибокою конвергенцією науки та освіти, інженерних та технологічних систем.

Одночасно нанотехнологічний сегмент глобального ринку є потужним драйвером розбудови у глобальних координатах великомасштабних транскордонних потоків та ринків нанотоварів і послуг, мегацентрів досліджень і розробок нанотехнологічного профілю, розгалуженої наноінфраструктури та загальнопланетарних нанотехнологічних мереж. У своїй сукупності вони забезпечують не тільки ефективну реалізацію бізнес-транзакцій у сфері наноіндустрії, але й розбудову її глобального конкурентного середовища,

акселеруючи у такий спосіб глобальні технологічні трансформації світогосподарської системи.

Таблиця 2.7

Топ-9 глобальних нанотехнологічних стартапів у 2023 р.

Назва стартапу	Країна	Рік заснування	Кількість працівників	Загальний обсяг фінансування	Кількість раундів фінансування	Кількість інвесторів
Graphmatech (технології наноматеріалів)	Швеція	2017	11-50	84,5 млн шведських крон	2	7 (SEB Venture Debt, Inno-Energy, ABB Technology Ventures, Forward Venture Capital, Walerud Ventures)
OCSiAl Group (графенові нанотрубки для глобальної індустрії)	Люксембург	2009	251-500	176 млн дол. США	13	4 (Rusnano, ExpoCapital, A&NN Investments, I. Kim)
Nicoya Lifesciences (сенсорні продукти)	Канада	2012	11-50	12,6 млн дол. США	7	20 (Accelerator Centre, Garage Capital, BDC Capital, University of Waterloo, Communitech)
NAWA Technologies (ультрашвидка вуглецева батарея з використанням нанотехнологій)	Франція	2013	11-50	24,5 млн євро	3	11 (Bpifrance, InnoEnergy, Demeter, Supernova Invest, CEA Investissement)
Vive Crop Protection (довгодіючі пестициди для органічного та неорганічного землеробства)	Канада	2006	11-50	40 млн дол. США	10	12 (Sustainable Development Technology Canada, Ontario Centres of Excellence, Ontario, Middleland Capital, Export Development Canada)
Agnikul (космічні технології з проектування, випробовування та запуску ракет орбітального класу для мікро- та наносупутників)	Індія	2017	51-100	14,5 млн дол. США	4	17 (LetsVenture, Pi Ventures, BEENEXT, Mayfield Fund, Naval Ravikant)
Log 9 Materials (наноматеріали та нанотехнологічні ДІР)	Індія	2014	11-50	3,9 млн дол. США	3	8 (Blume Ventures, Surge, Omidyar Network, Exfinity Venture Partners, Metaform Ventures)
OpcoNano Medicine (створення хімічних речовин, які активують pH, які оцифровують і використовують мінливість pH захворювань)	США	2014	11-50	116,7 млн дол. США	6	3 (Advantech Capital, Cancer Prevention and Research Institute of Texas, Salem Partners)
Moleaer (промислові нанобульбашкові системи)	США	2016	44470	20 млн дол. США	3	4 (S2G Ventures, Energy Innovation Capital, ADM Capital, Cibus Fund)

Джерело: узагальнено і побудовано автором за даними [189].

У сучасних техноглобалізаційних умовах венчурний капітал відіграє надважливу роль у розвитку нанотехнологічного сегменту світового ринку як щодо розроблення нових технологій, так і їх комерціалізації та ринкового збуту. При цьому структурна динаміка нанотехнологічних проєктів та ефективність їх реалізації напряму залежать від масштабів здійснених венчурними інвесторами

інвестиційних капіталовкладень у нанотехнології та рівня розвитку національних венчурних екосистем, базованих на тісній взаємодії усіх їх учасників. З-поміж проблем у процесах венчурного фінансування нанотехнологій найбільш деструктивну головну роль відіграють як значний дефіцит капітальних активів, необхідних для проходження нанотехнологічними проєктами «долини смерті», так і брак їх державної підтримки, відсутність стимулів для приватних капіталовкладень у нанотехнології, загалом невисока ефективність моделей комунікації між учасниками венчурного інвестування та високі інституційні ризики даного процесу. За таких умов вагому стимулюючу роль у розвитку венчурного фінансування нанотехнологій здатні відіграти краудфандингові майданчики та поширення суперангельських фондів на ранніх етапах нанотехнологічних розробок, а також широке запровадження у їх практику механізмів державно-приватного партнерства.

2.2. Авангардна роль державних механізмів стимулювання наноіндустрії

Динамічний розвиток наноіндустрії, як якісно нової парадигми глобального виробництва і споживання у XXI ст. та ключового механізму їх інноватизації, з року в рік втягує у свою «орбіту» дедалі більшу кількість держав та секторів світового господарства, у докорінний спосіб трансформуючи усі структурні підсистеми глобального суспільного відтворення та соціальних відносин. Є всі підстави стверджувати, що в останні два десятиліття нанотехнології перетворились на усталене матеріальне ядро розбудови у світовій економіці якісно нового господарського устрою, базованого на глибоких й тісних взаємодіях між усіма учасниками інноваційних процесів: працівниками і підприємствами, бізнесом і владою, наукою і виробництвом. Цілком природно, що подібна роль нанотехнологій у світовому інноваційному поступі висуває в число пріоритетних завдань національних урядів держав, котрі претендують на науково-технологічне лідерство, нарощування масштабів і диверсифікацію чинного інструментарію державного стимулювання нанотехнологічних секторів своїх економік.

У цьому зв'язку маємо зазначити таке: саме від співвідношення країнових сил у боротьбі за нанотехнологічне лідерство у кінцевому рахунку залежить конкурентна диспозиція тієї чи іншої держави як у глобальній моделі міжнародного поділу праці, так і у світовій фінансово-валютній системі. Так, ні для кого не секрет, що попри перманентні зміни її структурних параметрів, у довгостроковій перспективі вона залишається зорієнтованою, у тому числі, на обслуговування процесу присвоєння глобальної технологічної ренти країнами – технологічними лідерами. У практичному плані це означає ніщо інше як наявність тісного взаємозв'язку між глобальним попитом на нанотехнологічні розробки та рівнем валютної конкурентоспроможності держав, здатних запропонувати світовому ринку подібного роду технологічні розробки. Відтак – навіть еволюційний поступ світової фінансово-валютної системи значною мірою визначатиметься тими державами, котрі у найефективніший спосіб зможуть скористатись перевагами підключення своїх національних економік до висхідної фази чергової довгої хвилі світогосподарського науково-технологічного й інноваційного розвитку. А роль інституту держави у цьому процесі – безперечна.

У даному контексті маємо зазначити, що сфера нанотехнологій (порівняно з іншими напрямками розвитку науки і техніки) має одну визначальну рису: з одного боку, для свого розвитку вона потребує ресурсів значно вищої якості і вартості, а з другого – у результаті їх ринкової комерціалізації створюється значно вища додана вартість та суттєво розширюються можливості бізнес-структур щодо участі у світовому ринку високотехнологічних товарів. Не слід скидати з рахунків і таких вагомих для суб'єктів господарювання конкурентних переваг як значне нарощування під впливом нанотехнологій експорту високих технологій, товарів та послуг, а також надходження з нанотехнологічного сектору якісно нових інноваційних рішень, обладнання та методів організації й управління виробництвом.

З огляду на викладене вважаємо, що світова наноіндустрія об'єктивно не може розвиватись на основі дії виключно ринкових механізмів в силу величезних обсягів необхідного для її розвитку первинного капіталу та тривалих термінів окупності

капіталовкладень, високого рівня ризикованості господарських операцій та жорсткої конкуренції у нанотехнологічному секторі, а також колосальних загроз щодо втрати контролю національних урядів над параметрами гуманітарної й екологічної безпеки. З-поміж інших причин, котрі обумовлюють нагальну необхідність державного втручання у роботу наноіндустрії, назвемо також величезні загрози для національних інтересів країн з боку монополізації нанотехнологічного сектору та інтервенційної експансії зарубіжних компаній; об'єктивні потреби 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; а також необхідність нівелювання можливих негативних наслідків впливу нанотехнологій на людський організм та довкілля, що належить виключно до функціональних повноважень державних інститутів та наднаціональних регуляторних органів.

Маємо зазначити, що у своїй сукупності зазначені чинники детермінують нагальну необхідність ефективної участі держави у стимулюванні, регулюванні та цілеупорядкуванні масштабів і структурних параметрів нанотехнологічних секторів національних економік. Як свідчить міжнародний досвід, впроваджувані урядами країн механізми державного стимулювання наноіндустрії охоплюють на сьогодні цілий комплекс заходів, дій й інструментів у сфері управління економічними відносинами з приводу виробництва, комерціалізації і споживання нанотехнологій у відповідності зі стратегічними цілями, задачами та консолідованими національними інтересами у цій сфері.

Виходячи з подібної кваліфікації змістовної сутності державного стимулювання наноіндустріальних секторів національних економік, можемо стверджувати, що на макроекономічному рівні його уповноваженим суб'єктом є держава у статусі головного інституційного актора даної політики. Головними ж цілями державної участі у роботі наноіндустрії є накопичення необхідної критичної маси інвестиційного капіталу та досвіду для розширеного відтворення нанотехнологічних продуктів, а також впровадження економічних (прямих) та

адміністративних (опосередкованих) механізмів стимулювання приватного бізнесу до включення у процес розроблення наноінновацій з метою вирішення найбільш актуальних завдань національного інноваційного розвитку.

При цьому сам процес формування державної політики у сфері підтримки нанотехнологій передбачає в якості обов'язкових компонентів як стратегічну, так і тактичну координацію її пріоритетів, імперативів й орієнтирів, центрів і суб'єктів відповідальності, горизонтів і критеріїв досягнення національних економічних інтересів у їх секторальному та просторовому аспектах. Своєю чергою, структуризація державної політики розвитку наноіндустрії може бути здійснена саме у розрізі факторів виробництва, включаючи його кадрову, техніко-технологічну, організаційно-економічну, екологічну, інформаційну та інституційну підсистеми. Отже – можемо констатувати, що повне усвідомлення ще на початку 1990-х років визначальної ролі нанотехнологій у забезпеченні міжнародних конкурентних позицій держав на глобальних ринках спонукало їх національні уряди до активного розроблення масштабних цільових державних програм розвитку наноіндустрії. Фінансування подібного роду програм здійснюється за рахунок коштів державних бюджетів, забезпечуючи динамічне нарощування капіталізації глобального ринку нанотехнологій та диверсифікацію їх продуктово-видової структури.

Достатньо сказати, що станом на тепер більше шістдесяти країн світу активно впроваджують у національну господарську практику спеціальні програми державної підтримки національних нанотехнологічних індустрій, насамперед на основі постійного нарощування обсягів державних капіталовкладень у даний сектор. Красномовним підтвердженням цього є, зокрема, дані табл. 2.8, які засвідчують неухильне збільшення масштабів фінансування досліджень і розробок нанотехнологій у державному секторі та секторі вищої освіти. Зокрема, у період 2011-2021 рр. вони зросли у Чехії з 49,6 до 100,1 млн дол. США у рік, Данії – з 31,7 до 60,2 млн, Німеччині – з 240,8 до 432,3 млн, Італії – з 161,2 до 309,9 млн, Респ. Корея – з 849,3 (у 2013 р.) до 1303,1 млн. відповідно.

Таблиця 2.8

**Витрати на дослідження та розробки нанотехнологій у державному секторі та секторі вищої освіти за окремими країнами у 2009-2021 рр.,
млн дол. США за паритетом купівельної спроможності**

Країна	2009	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Бельгія	...	...	438,1	...	419,9	...	511,3	...	641,8	...	795,0
Чехія	39,6	49,6	44,1	47,3	70,0	90,2	104,7	132,9	151,2	130,1	100,1
Данія	...	31,7	44,8	52,1	57,3	53,4	58,6	60,8	44,6	40,0	60,2
Фінляндія	...	...	25,2	...	...	...	...	...	...	...	...
Німеччина	210,1	240,8	232,2	232,7	313,0	334,8	349,7	343,8	370,0	418,4	435,3
Ірландія	...	...	...	...	...	...	2,0	...	...	...	...
Італія	...	161,2	238,5	252,2	256,6	185,9	235,3	262,8	288,3	299,9	309,9
Японія	...	542,5	643,9	604,9	537,9	547,0	545,0	552,0	549,2	549,9	581,6
Респ. Корея	...	...	849,3	777,5	934,0	912,3	983,8	971,0	977,0	1206,8	1303,1
Латвія	...	...	...	...	...	1,6	2,9	5,3	7,9	3,2	4,9
Литва	...	...	...	...	...	...	...	7,6	8,0	14,0	20,3
Мексика	...	57,8	55,3	13,9	14,6	13,0	...	...	...	...	...
Норвегія	...	34,1	43,9	...	35,9	...	42,5	...	62,7	...	55,8
Польща	...	...	138,9	163,1	132,0	78,0	84,1	99,9	99,5	125,5	113,2
Португалія	61,2	55,5	24,8	18,3	22,0	19,1	25,7	35,0	36,3	27,2	33,4
Словенія	...	0,8	1,9	0,4	0,5	0,8	1,0	2,3	1,3	0,71	...

Джерело: побудовано автором за даними [82].

Специфічне місце у сучасних процесах фінансування нанотехнологічних розробок посідають Сполучені Штати Америки, де з 2000 р. реалізується Національна нанотехнологічна ініціатива⁵ (англ. – *National Nanotechnological Initiative – NNI*), котра власне й визначає механізми коопераційної взаємодії різних федеральних департаментів й агенцій цієї держави у царині розроблення і комерціалізації наноінновацій. Як показують дані, наведені на рис. 2.7, у період 2001-2023 рр. річний Президентський бюджет NNI⁶ збільшився у фактичних показниках з 464 млн до майже 3,8 млрд дол. США, що становить 0,6% загального фінансування державних і приватних ДіР у США станом на 2021 р.⁷. У 2022 р. розрахунковий бюджет зазначеної інституції становив 2,4 млрд, а запитуване фінансування на 2023 р. – біля 2 млрд. Загалом же у період 2001-2023 рр. уряд

⁵ Примітка.

Запропонована Президентом Б. Клінтоном.

⁶ Примітка.

Загальний вартісний обсяг інвестиційних капіталовкладень, здійснених двадцятьма федеральними і незалежними агентствами США у розвиток нанотехнологій.

⁷ Примітка.

Розраховано автором за даними [87].

Сполучених Штатів Америки витратив на розробки нанотехнологій суму у понад 40,7 млрд дол. США, котрі пішли на підтримку наукових досліджень у царині розуміння матерії у нанорозмірі та трансформації цих знань у технологічні прориви, здатні у докорінний спосіб поліпшити стандарти життя американців [131].

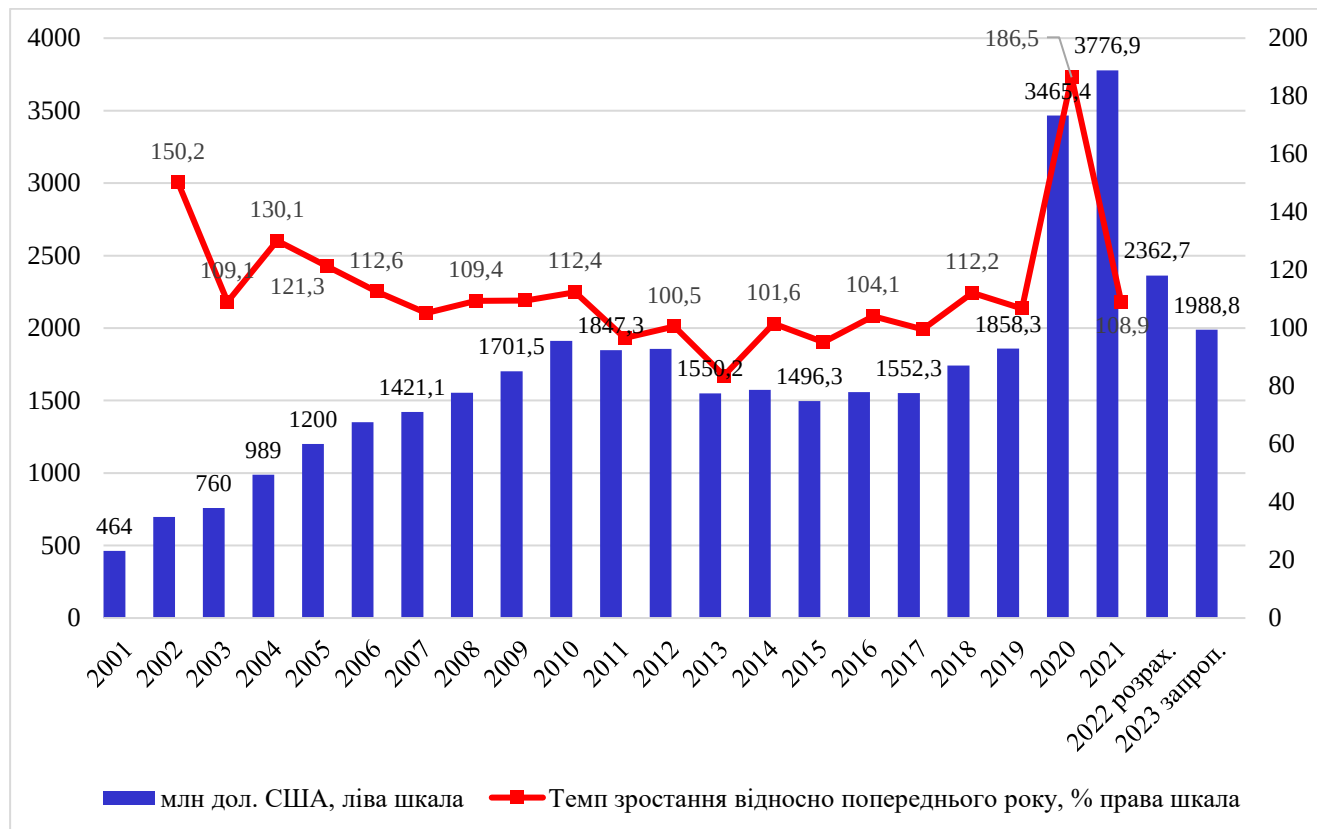


Рис. 2.7. Річний Президентський бюджет Національної нанотехнологічної ініціативи США у 2001-2023 рр.

Джерело: розраховано і побудовано автором за даними [182, с. 16, 17; 138; 133, с. 6].

Важливо зазначити, що головними розпорядниками державного фінансування ДіР у сфері нанотехнологій є на сьогодні Департамент здоров'я і послуг для людей / Національний інститут здоров'я (майже 2,5 млрд дол. США у 2021 р.) та Національна наукова фундація (620,7 млн дол.), на які в сукупності стабільно припадає понад 80% його загальних обсягів (рис. 2.8). Далі йдуть Департамент енергетики (377,7 млн) та Міністерство оборони США (218,3 млн відповідно) [133, с. 4]. Зокрема, Департамент здоров'я і послуг для людей щорічно отримує найбільші обсяги бюджетного фінансування за таким напрямом як: програми, пристрої та системи на основі нанотехнологій (2,1 млрд дол. США у 2021 р. [133, с. 4]). При цьому підпорядкований даному департаменту Національний інститут

охорони здоров'я, активно застосовує нанотехнології у проведенні ДіР біомедичного профілю (включаючи і розроблення онкологічних лікарських засобів), а Національний інститут професійних захворювань і безпеки праці – при дослідженнях і розробках, що мають стосунок до безпеки робочих місць при застосуванні нанотехнологій.

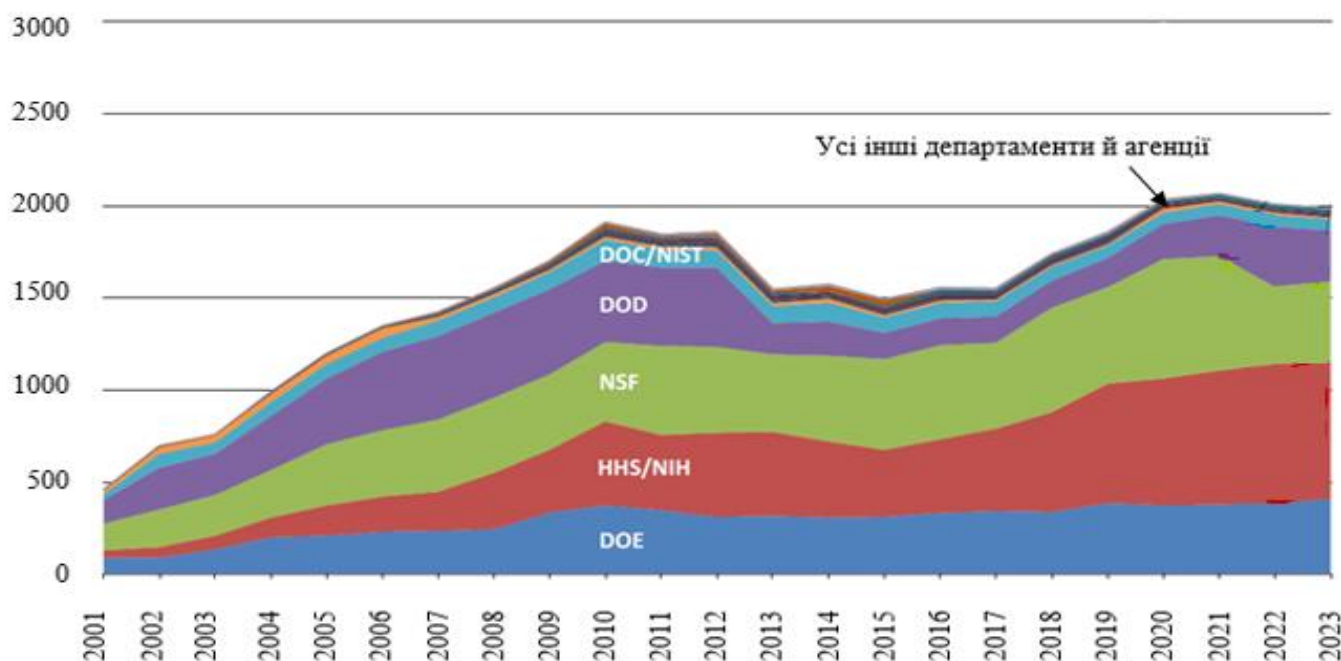


Рис. 2.8. Розподіл фінансування Національної нанотехнологічної ініціативи США за окремими федеральними департаментами й агенціями у 2001-2023 рр., млн дол. США⁸

Джерело: побудовано автором за даними [133, с. 3].

Свою чергою, Департамент енергетики Сполучених Штатів Америки має у своїй організаційній структурі цілу низку науково-дослідних центрів (*англ.* – *Nanoscale Science Research Centers – NSRC*) з проведення нанотехнологічних ДіР за такими напрямками як: матеріалознавство, хімія, геонаука та біонаука з метою розуміння, прогнозування та контролю матерії й енергії на рівні електронів, атомів та молекули [133, с. 9]. Ці фундаментальні дослідження проводяться в основному

⁸ Примітка.

На рис. 2.2 використовуються такі позначення: DOE – Департамент енергетики (*англ.* – *Department of Energy*); HHS / NIH – Департамент здоров'я і послуг для людей / Національний інститут здоров'я (*англ.* – *Department of Health and Human Services / National Institutes of Health*); NSF – Національна наукова фундація (*англ.* – *National Science Foundation*); DOD – Департамент оборони (*англ.* – *Department of Defense*); DOC / NIST – Департамент комерції / Національний інститут стандартів і технологій (*англ.* – *Department of Commerce / National Institute of Standards and Technology*).

в рамках окремих наукових проєктів та малих груп, а науковці, котрі публікують результати своїх досліджень у відкритому доступі, отримують від зазначених центрів обладнання, матеріали і технічне обслуговування на безкоштовній основі, тоді як решта науковців – відшкодовують лише прямі видатки науково-дослідних центрів Департаменту енергетики на їх сервісне обслуговування. Нарешті, Міністерство оборони США концентрує основні свої зусилля на тих напрямках фундаментальних нанотехнологічних досліджень, котрі здатні забезпечити системну модернізацію американських збройних сил та суттєво підвищити їх бойові можливості (розроблення високочутливих датчиків для реєстрації наявності хімічних, біологічних і ядерних видів озброєнь; електроніка, оптоелектроніка, фотоніка тощо). За один лише 2021 р. на фундаментальні дослідження зазначених напрямів Департаментом енергетики було витрачено 144 млн дол. США із запитуваним обсягом фінансування на 2023 р. у розмірі 156,5 млн [133, с. 3, 5].

При цьому слід враховувати одну важливу обставину: науково-дослідні лабораторії та центри Департаменту оборони Сполучених Штатів Америки у жоден спосіб не переслідують мету щодо комерціалізації результатів своїх нанотехнологічних ДіР, а зорієнтовані виключно на розв'язання найбільш актуальних оборонних завдань цієї держави, що стоять перед її військовими відомствами та окремими родами військ. Повною мірою усвідомлюючи такі завдання, армійські служби США формують для армійських науково-дослідних центрів і лабораторій списки своїх пріоритетних потреб для пошуку останніми найбільш ефективних рішень їх задоволення. У випадку ж необхідності проведення серії додаткових наукових досліджень чи оцінки їх результативності науково-дослідні центри і лабораторії Департаменту оборони США можуть також співпрацювати зі своїми зовнішніми знаннєвими партнерами – малими і середніми інноваційними компаніями, великими корпораціями, університетами та іншими установами у рамках так званих Угод про спільні дослідження (*англ. – Cooperative Research and Development Agreement – CRADA*). Достатньо сказати, що станом на кінець 2018 р. загальна кількість діючих у США подібного роду угод становила 740, з них 53 – традиційних та 687 – нетрадиційних [176].

Маємо зазначити, що сучасний міжінституційний розподіл фінансування нанотехнологічних ДіР відбиває, на нашу думку, головну рису американської моделі державного стимулювання наноіндустрії, а саме: її орієнтацію на фронтальне й системне опанування провідними напрямками науково-технологічного прогресу у цій сфері. Йдеться про *одночасне ведення інтенсивних досліджень і розробок практично за усіма напрямками нанотехнологій, а також оперативне патентування наукових винаходів*, що дає змогу підтримувати глобальне конкурентне лідерство США у наноіндустрії. Так, в останні два десятиліття у цій державі спостерігається неухильне нарощування інвестицій як у фундаментальні нанотехнологічні дослідження, здатні забезпечити принципово нові інноваційні відкриття, так і прикладні ДіР, призначені для ринкового просування нанотехнологій та їх включення у міжнародний господарський обіг.

Як показують дані, наведені у табл. 2.9, головними напрямками фінансування нанотехнологічних ДіР у рамках NNI є на сьогодні інженерія та розвиток фундаментальних теоретичних знань (45% загального обсягу запитуваного на 2023р. фінансування в рамках NNI, або 895 млн дол. США в абсолютному вираженні) з причин панування на сьогодні початкової фази розвитку нанотехнологічного сектору глобальної економіки. Далі йдуть програми, пристрої та системи (35%, 696,1 млн), інфраструктура та прилади (15%, 298,3 млн), відповідальний розвиток (3%, 59,7 млн) та освіта і розвиток робочої сили (2%, 39,8 млн відповідно) [133, с. 7]. Тож робимо висновок: подібний розподіл фінансування нанотехнологічних ДіР за програмними напрямками NNI свідчить насамперед про неухильно зростаючий інтерес американської економіки до нанотехнологій та величезні надії, котрі покладаються на процес їх комерціалізації.

В якості прикладу наведемо, зокрема, американську корпорацію Nano Media Group, яка у 2019 р. впровадила спеціальну цифрову платформу для залучення інвестиційних капіталовкладень у нанотехнології з метою пришвидшення виходу американських компаній на глобальні ринки інвестиційного капіталу. Своєю чергою, портал Invest In Nano у 2020 р. також дебютував з подібною програмою,

котра дала змогу встановити тісні коопераційні зв'язки між проривними нанотехнологічними компаніями та інвесторами [131].

Таблиця 2.9

**Розподіл фінансування нанотехнологічних ДіР за програмними
напрямами NNI у 2006-2023 рр., млн дол. США⁹**

Програмний напрям	2006	2008	2010	2012
Фундаментальні явища і процеси	455,9	478,5	490,5	518,8
Наноматеріали	265,1	285,1	358,9	358,5
Нанорозмірні пристрої та системи	319,6	372,7	542,1	457,9
Дослідження приладів, метрологія та стандарти	51,0	69,0	89,3	58,3
Нановиробництво	33,8	47,1	84,7	114,9
Придбання основних дослідницьких установ та обладнання	152,4	196,4	190,2	197,1
Соціальні виміри	73,4	105,6	157,1	151,8
Усього	1351,2	1554,4	1912,8	1857,3

	2014	2016	2018	2020	2023
Нанотехнологічні ініціативи	272,8	251,5	193,2	190,9	894,9
Фундаментальні дослідження	548,9	512,4	470,9	572,8	
Програми, пристрої та системи на основі нанотехнологій	418,8	385,8	289,8	411,3	696,1
Дослідницька інфраструктура та прилади	231,6	240,2	181,1	234,9	298,4
Довкілля, здоров'я та безпека	102,2	105,4	72,5	58,8	99,4
Усього	1574,3	1495,3	1207,5	1468,7	1988,8

Джерело: розраховано і побудовано автором за даними [182, с. 18, 19; 138].

Усвідомлюючи надважливу роль малих інноваційних фірм у розбудові національної наноіндустрії, уряд Сполучених Штатів вже багато років поспіль реалізує дві масштабні програми підтримки їх нанотехнологічних ДіР – Програму інноваційних досліджень малого бізнесу (*англ.* – *Small Business Innovation Research – SBIR*) та Програму трансферу технологій малого бізнесу (*англ.* – *Small Business Technology Transfer – STTR*). Вони зорієнтовані, головним чином, на федеральну фінансову підтримку малого бізнесу у розробленні ним нанотехнологічних інновацій, стимулювання його науково-технічного співробітництва з науково-

⁹ Примітка.

Дані за 2006-2016 рр. наведені на основі фактичних обсягів фінансування, на 2018-2023 рр. – на основі запитуваного фінансування. Окрім того, наведена структура фінансування нанотехнологічних ДіР за програмними напрямами NNI відбиває зміни методичних підходів до їх таксономічної ідентифікації, внесені Підкомітетом нанорозмірної науки, техніки та технологій Національної нанотехнологічної ініціативи США.

дослідними установами та подальшого використання результатів ДіР у приватному секторі. Зокрема, головною метою програми STTR є підтримка тих нанотехнологічних розробок малого бізнесу, котрі згенеровані у його тісній коопераційній співпраці з університетами та науково-дослідними інститутами федерального рівня, а також передбачають пропорційний розподіл мінімальних внесків усіх учасників інноваційних процесів (університети – 30%, бізнес-сектор – 40% сукупного бюджету фінансування) та повне урегулювання питань, пов'язаних із захистом прав інтелектуальної власності та присвоєнням інтелектуальної ренти [205].

У табл. 2.10 подані дані щодо обсягів державного фінансування досліджень і розробок у сфері нанотехнологій за федеральними програмами SBIR і STTR упродовж 2017-2020 рр. Вони показують, що середньорічний обсяг такого фінансування становить за вказаний період понад 185,1 млн дол. США з домінуванням у його структурі грантових коштів за Програмою інноваційних досліджень малого бізнесу (від мінімальних 77% загального фінансування у 2018р. до максимальних 82,6% у 2020 р.). Зазначимо, що з 2004 р. агенції-учасниці Національної нанотехнологічної ініціативи Сполучених Штатів Америки виділили сукупно понад 2 млрд дол. США на нанотехнологічні ДіР за програмами SBIR і STTR, забезпечивши у такий спосіб прискорене розроблення і комерціалізацію нанотехнологічних досліджень і розробок у приватному секторі.

Водночас найбільшими донорами коштів на проведення нанотехнологічних ДіР малих інноваційних компаній є нині Департамент оборони (37,9% загального фінансування у 2020 р.), Департамент здоров'я і послуг для людей / Національний інститут здоров'я (26,6%), Департамент енергетики (16,2%), а також Національна наукова фундація (11,4% відповідно), що власне відбиває, як ми бачимо, сучасний характер загального розподілу фінансування нанотехнологічного сектору в рамках Національної нанотехнологічної ініціативи США.

Жорстка й неослабна конкурентна боротьба за лідерство на нанотехнологічному сегменті глобального ринку спричиняє значну активізацію зусиль *Європейського Союзу* у царині державного стимулювання наноіндустрії.

Досвід даного інтеграційного угруповання у цій сфері відбиває як національний, так і регіонально-інтеграційний вимір її всебічної підтримки.

Таблиця 2.10

**Державне фінансування федеральних програм SBIR і STTR
у сфері нанотехнологій у період 2017-2020 рр., млн дол. США**

Федеральний департамент / агенція	2017			2018			2019			2020		
	SBIR	STTR	Усього	SBIR	STTR	Усього	SBIR	STTR	Усього	SBIR	STTR	Усього
Департамент внутрішньої безпеки	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	2,0	0,0	2,0	1,0	0,0	1,0
Департамент комерції / Національний інститут стандартів і технологій	0,7	0,0	0,7	0,5	0,0	0,5	1,1	0,0	1,1	1,9	0,0	1,9
Департамент оборони	61,5	14,5	76,0	38,3	23,3	61,6	63,5	22,5	86,0	51,5	17,8	69,3
Департамент енергетики	25,1	5,4	30,5	36,6	5,2	41,8	31,2	3,4	34,6	26,0	3,7	29,7
Агентство охорони довкілля	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0	0,5	0,7	0,0	0,7	0,5	0,0	0,5
Департамент здоров'я і послуг для людей / Національний інститут здоров'я	27,2	7,1	34,3	34,9	7,1	42,0	42,6	5,5	48,1	42,9	5,7	48,6
Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору	12,2	2,6	14,8	4,7	1,5	6,2	7,7	1,6	9,3	6,5	2,8	9,3
Національна наукова фундація	18,2	5,5	23,7	17,4	3,1	20,5	16,2	3,4	19,6	19,0	1,8	20,8
Департамент сільського господарства	0,3	0,0	0,3	1,6	0,0	1,6	0,8	0,0	0,8	1,8	0,0	1,8
Усього	145,5	35,2	180,7	134,8	40,2	175,0	165,7	36,4	202,1	151,0	31,9	182,8

Джерело: побудовано автором за даними [133, с. 28].

Йдеться насамперед про фінансування нанотехнологій, яке здійснюється на рівні і Єврокомісії, і окремих національних урядів держав-членів даного інтеграційного угруповання (рис. 2.9) з реалізацією доволі диверсифікованих за цілями і структурою фінансування спеціальних програм й ініціатив, а також розбудовою свого роду «спільного європейського ринку» нанотехнологічних досліджень. Більше того, у рамках реалізації загальноєвропейської інтеграційної

політики пріоритети фінансування нанотехнологій (як власне і дослідницькі амбіції ЄС у цій царині) розглядаються в якості ключових технологій для розбудови передового промислового сектору Євросоюзу.

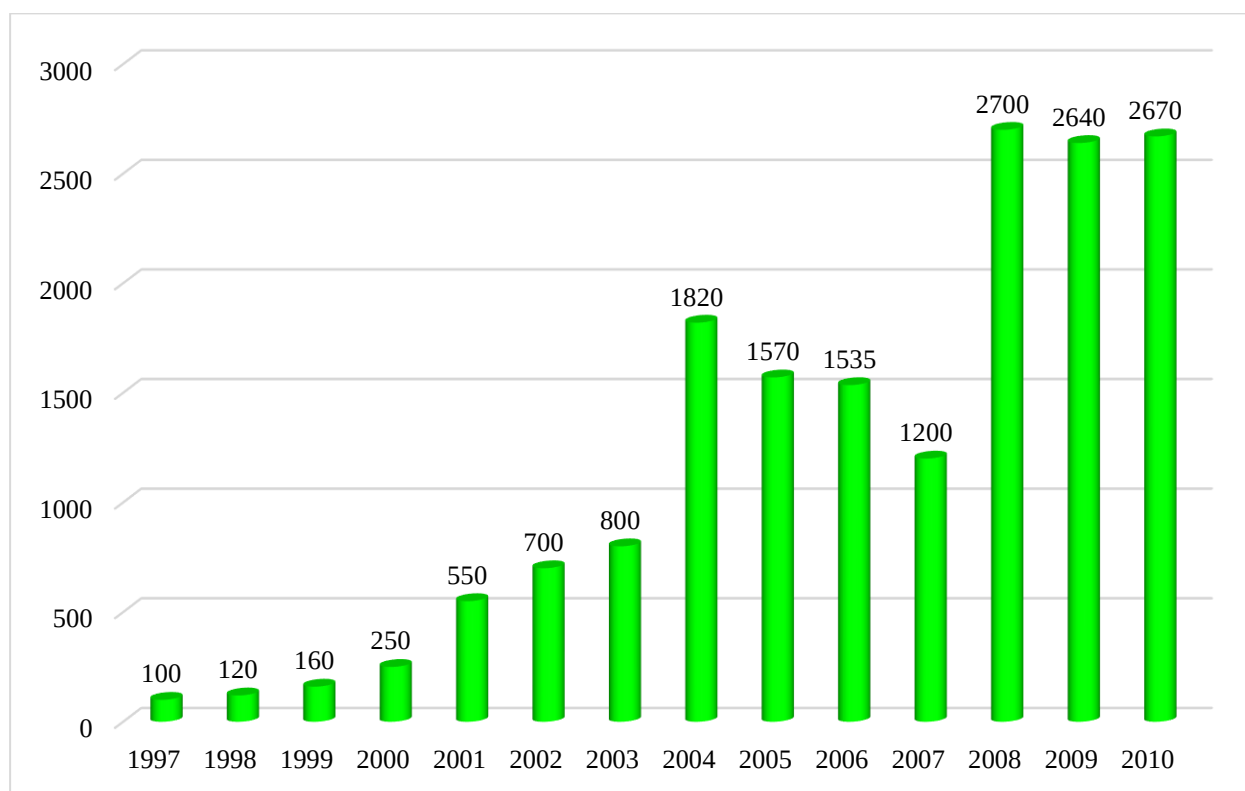


Рис. 2.9. Загальні державні витрати організацій Європейського Союзу на нанодослідження у 1997-2010 рр., млн євро

Джерело: побудовано автором за даними [14].

Наголосимо, що вже у першій половині 1990-х років нанотехнологічний сектор Європейського Союзу отримує потужну державну підтримку в рамках цілої низки програм і мереж, з-поміж яких на найбільшу увагу заслуговують, зокрема, ESPRIT (Дослідницька ініціатива у сфері мікроелектроніки), PHANTOMS (Програма фізики і технологій у наносистемах), мережа NANO (просування ДіР у сфері наноматеріалів), мережа NEOME (центри переваги у сфері органічних матеріалів для електроніки), Європейська технологічна платформа у наномедицині та багато інших. При цьому фінансування нанотехнологічного напрямку конкурентного розвитку Євросоюзу у глобальних координатах стартує по суті з Четвертої рамкової програми науково-технічних досліджень даного інтеграційного

угруповання, яка реалізовувалась у період 1994-1998 р. та дала старт 80 нанотехнологічним проєктам загальною кошторисною вартістю у 120 млн євро.

Своєю чергою, П'ята рамкова програма ЄС (1998-2002 рр.) профінансувала вже 157 нанотехнологічних проєктів на загальну суму 220 млн євро; а у Шостій рамковій програмі наукових досліджень і технологічного розвитку Євросоюзу (2002-2006рр.) нанотехнології були вже визначені в якості одного з пріоритетних напрямів європейських наукових досліджень. У цій же програмі виокремлюється також спеціальний тематичний напрямок під назвою «Нанотехнології і нанонауки, багатофункціональні матеріали, нові виробничі процеси та пристрої», чотирирічний бюджет якого становив 1,3 млрд євро. З цієї суми від 25 до 30% пішло саме на фінансування нанотехнологій без урахування витрат на нанодослідження, пов'язані з реалізацією інших тематичних напрямів науково-технічної й інноваційної діяльності (на кшталт наук про життя, інформатики тощо) [233, с. 46].

Наголосимо, що нанотехнологічні пріоритети конкурентного розвитку Європейського Союзу у глобальних координатах зберігаються також у Сьомій рамковій програмі інноваційного розвитку даного інтеграційного блоку, яка реалізовувалась у період 2007-2013 рр. із загальним обсягом фінансування 3,5 млрд євро (або 7% загального бюджету програми) за програмою «Співробітництво» тематичного напрямку досліджень «Нанонауки, нанотехнології, матеріали і нові виробничі технології» [30]. Що стосується Програми «Horizon 2020» (2014-2020рр.), то в її рамках на фінансування нанотехнологій було виділено близько 2 млрд євро [46] за напрямом «Лідерство у промисловості» з відповідною цільовою підтримкою нанотехнологій і високоризикових досліджень у цій сфері. Нарешті, загальний бюджет, виділений Єврокомісією у рамках реалізації нанотехнологічного напрямку Програми «Horizon Europe» (2021-2027 рр.) становив у 2022 р. понад 1 млрд євро. Зокрема, за даними платформи Wheesbee, у звітному році за одним лише напрямом «Глобальні виклики та європейська промислова конкурентоспроможність» були профінансовані 54 гранти, присвячені ДіР у сфері нанотехнологій і матеріалів із середнім значенням загального індикативного бюджету на одну тему близько 19 млн євро [74].

Разом з тим, попри величезні зусилля об'єднаної Європи у розвитку нанотехнологічного сектора регіональної економіки, вона так і не змогла зможла добитись глобального лідерства у цій сфері. Основні причини значного відставання ЄС у нанотехнологічній сфері криються насамперед у значно меншій, порівняно з тими ж самими Сполученими Штатами Америки, підтримці нанотехнологічних розробок з боку бізнес-структур, слабо вираженій науково-технологічній спеціалізації Євросоюзу за даними напрямом глобального інноваційного прогресу, а також певному «розпорошуванні» наукових зусиль даного блоку за різними векторами розвитку наноіндустрії.

Можемо констатувати, що усі зазначені процеси спричиняють наростання фрагментації європейського науково-дослідного простору, певне дублювання спеціалізаційного профілю держав-членів та значний брак критичної маси нанотехнологічних знань. Зазначимо, що найбільш яскраво зазначені тренди виявляються саме на рівні науково-технічних досліджень, котрі потребують для своєї реалізації цілої низки комплексних науково-технічних рішень і підходів. Такий стан речей настійно вимагає суттєвого поліпшення усієї системи державної і наднаціональної координації науково-дослідних програм і проєктів у нанотехнологічній сфері з посиленням концентрації фінансових капіталовкладень у тих сферах, за якими європейські компанії і фірми володіють необхідними конкурентними перевагами для здійснення вагомego нанотехнологічного прориву.

Разом з тим, ціла низка держав-членів Євросоюзу реалізують і свої власні національні програми розвитку нанотехнологічного сектора, переслідуючи стратегічні цілі щодо трансформації доволі абстрактних наукових ідей у реальні й комерційно успішні проєкти. Безумовним лідером у цій сфері є Німеччина, яка ще у 1998 р. надала нанотехнологічним дослідженням статусу автономної федеральної програми з відокремленням від інших напрямів інноваційного прогресу фінансово-бюджетним й інфраструктурним забезпеченням [200, с. 82-83]. Як результат – вже у 2006 р. у Німеччині ухвалюється єдина міжгалузева програма «Нанотехнологічна ініціатива 2010», у якій головна увага концентрується на питанні всебічної підтримки так званих «головних технологій». Вона передбачала надання

безумовного пріоритету державного фінансування цільових середньострокових проєктів за тими напрямками нанотехнологічного прогресу, котрі вже сьогодні визначають світове технологічне лідерство Німеччини на глобальних ринках, а саме: автомобіле- і приладобудування (програма «Наномобіль»), електроніка (програма «НаноФаб»), хімічна промисловість (ініціатива «Наномікрохім»), оптичне виробництво (програма «Нанолюкс»), медицина і біотехнології (програма «НаноФорлайф»), інформаційний сектор.

При цьому для кожної «головної технології» було розроблено і впроваджено найбільш релевантні для неї механізми державної підтримки, котрі у сукупності забезпечили величезний синергетичний ефект від державного стимулювання німецької наноіндустрії. Станом же на сьогодні у Німеччині функціонує понад 700 дослідницьких установ і груп, а також більше 150 компаній, котрі спеціалізуються на розробленні нанотехнологій і наноматеріалів. Звернімо увагу на те, що більшість з таких компаній є приватними, були засновані на основі механізмів державно-приватного партнерства, на базі науково-дослідницьких лабораторій, університетів та великих компаній державного сектору. Не слід скидати з рахунків і чималой кількості університетських дослідницьких програм і некомерційних організацій, які працюють у царині удосконалення нанотехнологій [125].

Що стосується *Франції*, то тут основні проєкти у сфері нанотехнологій фінансуються Національною асоціацією досліджень цієї держави. Вони охоплюють на сьогодні такі стратегічні напрями як: створення нанотехнологічних платформ і парків, зорієнтованих на виробництво, стандартизацію, сертифікацію і комп'ютерне моделювання наносистем; фінансова підтримка інноваційних ДіР та стимулювання науково-дослідних лабораторій; виявлення і підтримка наукової молоді з числа талановитих аспірантів і докторів наук; заснування кафедр і науково-дослідних центрів світового рівня.

Ще одну 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 концентрація 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 наноіндустрії, 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 [45].

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 (1996-2000pp.) Японія започатковує реалізацію національної стратегії з розвитку нанотехнологій і наноматеріалів. У Другому (2001-2005 pp.) і Третньому базових планах (2006-2010 pp.) 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 (2001-2015pp.) державна політика нанотехнологічного розвитку переходить від фінансової підтримки пріоритетних ДіР у цій сфері до розроблення механізмів вирішення завдяки нанотехнологіям найгостріших соціально-економічних проблем. Своєю чергою, у П'ятому базовому плані (2016-2020 pp.) нанотехнології кваліфікуються як фундаментальні інновації з ключовими перевагами для створення нових цінностей щодо розбудови Суспільства 5.0 [123, 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 сектора економіки, розвитку суперкомп'ютерної техніки, квантових технологій та напівпровідників, а також біо- та аграрних технологій [221, с. 125].

Отже, ключові конкурентні переваги Японії у сфері державного стимулювання нанотехнологічного сектора впливають на сьогодні з його зорієнтованості на підтримку фундаментальних і прикладних досліджень у сфері неодимових 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 наноіндустрії 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-технологічного 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 [66].

Маємо зазначити, що реалізовувані 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 «Проект сходження» [168]. 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 [83].

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.

2.3. Нанотехнологічні мережі у глобальній інноваційній екосистемі

Динамічний розвиток у світових координатах Індустрії 4.0 спричиняє в останнє десятиліття активний пошук бізнесовими і підприємницькими структурами якісно нових ресурсних джерел, корпоративних стратегій і бізнес-моделей зміцнення своїх конкурентних позицій на національних і світових ринках. За таких умов суттєвого значення набуває процес комерціалізації ними об'єктів інтелектуальної власності, створених у нанотехнологічній сфері, як запоруки розвитку їх ключових компетенцій, нарощування науково-технічного потенціалу, а також значного підвищення технологічного рівня корпоративних виробничих систем та їх глибокої інтеграції у глобальну інноваційну екосистему. Як свідчить світовий досвід, ефективним механізмом досягнення зазначеної стратегічної цілі є розбудова у світових координатах розгалужених нанотехнологічних мереж. Вони об'єднують на своєму інституційному майданчику велику кількість академічних установ, університетів, виробничих компаній, громадських і професійних спілок, науково-дослідних центрів і лабораторій, дослідницьких і спеціалізованих організацій, інвестиційних і венчурних компаній, котрі у тісній колаборації між собою здійснюють нанотехнологічні ДіР фундаментального і прикладного рівнів, доводять їх результати до етапу дослідних зразків з подальшою комерціалізацією та ринковим збутом [225, с. 270].

Звернімо увагу на те, що подібного роду колаборація (*англ. – collaboration*) відбиває за своєю економічною природою найвищу інтерактивну форму коопераційної взаємодії усіх учасників нанотехнологічних інноваційних процесів, подібно тій, яка сформувалась у 1960-1980-х роках у науково-дослідних лабораторіях Кремнієвої долини. Інакше кажучи, у нанотехнологічних мережах (якщо послуговуватись кваліфікацією економічного змісту категорії «колаборація») завдяки досягненню між усіма автономними учасниками інноваційних процесів формальної і неформальної згоди формуються спільні правила та організації для регулювання своїх взаємовідносин, узгодження напрямів спільної діяльності та вирішення спільних задач [186, с. 23]. При цьому поширення дії зазначених спільних правил на усіх учасників інноваційних процесів забезпечує отримання ними значних економічних вигод від колабораційної взаємодії при тому що погодження самих правил може тривати безперервно.

З огляду на викладене вважаємо, що критично важливого значення у процесі функціонування сучасних нанотехнологічних мереж набуває система так званого *колаборативного управління* (*англ. – collaborative governance*). Вона репрезентує колективний спосіб ухвалення управлінських рішень у сфері виробництва і комерціалізації нанотехнологічних інновацій державними та приватними структурами, орієнтованими у своїй діяльності на досягнення консенсусу [12]. Це дає усі підстави кваліфікувати нанотехнологічні мережі в якості інноваційних екосистем (*англ. – innovation ecosystems*), котрі функціонують на засадах тісної колабораційної взаємодії юридично незалежних учасників, сформованих між ними неієрархічних зв'язків та мережевого середовища з розбудовою при цьому організаційно-економічних та інституційних умов, здатних забезпечити інтерактивне і нелінійне зародження інновацій.

На наше тверде переконання, саме екосистемний підхід у дослідженні сучасних нанотехнологічних мереж здатен з системних методологічних позицій пояснити розвиток інноваційних систем усіх рівнів (національного, регіонального, кластерного тощо) в якості своєрідних соціальних організмів, котрі зазнають потужного впливу безперервних змін мотиваційних установок учасників

інноваційних процесів та глобального конкурентного середовища. З огляду на викладене вважаємо, що нанотехнологічна інноваційна екосистема набуває інституційного формату завдяки не стільки динамічній сукупності науково-дослідних організацій та інститутів, скільки рухомим і багатовимірним внутрішнім зв'язкам між ними [21] та інноваційному середовищу, яке формується за рахунок науково-технічних ідей, технологій, правил гри, міжсуб'єктних соціальних взаємодій та інноваційної культури [114].

Зазначимо, що матеріальним ядром й головним інституційним майданчиком сформованих на сьогодні у світі національних нанотехнологічних мереж є *нанотехнологічні науково-освітні центри* [235, с. 121]. Вони функціонують у статусі структурних підрозділів науково-дослідних центрів чи університетських установ, спеціалізуючись на проведенні досліджень і розробок нанотехнологічного профілю та підготовці кваліфікованих спеціалістів для наноіндустрії. Одночасно активне використання ними результатів нанотехнологічних ДіР в освітньому процесі дає можливість суттєво підвищити якість підготовки професійних кадрів на основі системної конвергенції і взаємодоповнення фундаментальних досліджень й навчального процесу, значного поглиблення нанотехнологічних теорій та розширення діапазону їх застосування, а також передачі студентському контингенту найбільш прогресивних інноваційних ідей у даній сфері.

Наприклад локалізований у Сполучених Штатах Америки Північно-східний передовий технологічний освітній центр (*англ. – NEATEC*) у співпраці з Державним університетом штату Нью Йорк в Олбані (*англ. – SUNY*) реалізує на сьогодні спільну освітню програму з навчання кваліфікованих працівників для американської напівпровідникової та нанотехнологічної промисловості. У 2019 р. даний регіональний освітній центр отримав на реалізацію своїх функцій фінансування від Національного наукового фонду США у розмірі 6 млн дол. США [144]. Окрім того, завдяки розгалуженій мережі місцевих коледжів, університетів та галузевих партнерів даного центру, а також розвитку ним партнерських стажувань NEATEC визначає на сьогодні освітні стандарти, професійні компетенції та навички техніків для нанотехнологічної індустрії США на основі

розроблення і поширення серед своїх партнерів відповідних навчальних програм та методик.

Як свідчить світовий досвід, сучасні нанотехнологічні науково-освітні центри спираються у своїй діяльності на *розгалужені освітні платформи в рамках дослідницьких університетів*. Йдеться насамперед про програми спільних досліджень з компаніями промислового сектору, сформовані навколо університетів технологічні, наукові і бізнесові парки; стартапи і центри ліцензування технологій; бізнес-інкубатори і спеціалізовані служби підтримки венчурного капіталу; бізнес-школи і центри підприємництва тощо. В якості прикладу наведемо, зокрема, Японію, де з кінця 1980-х років важливим напрямом державного стимулювання нанотехнологічного сектору національної економіки стало розроблення *державної політики активізації співробітництва між університетами та бізнес-структурами*. З цією метою у структурі університетських закладів були засновані центри спільних досліджень на основі контрактних відносин; університети активно включились у виконання ДіР на замовлення бізнес-сектору; а також здійснювалось масштабне пряме фінансування корпоративними структурами науково-дослідних робіт університетів без покладання на них жодних зобов'язань [206, с. 56].

Звернімо увагу на те, що у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічні науково-освітні центри є *глибоко вбудованими у горизонтальні чи вертикальні мережі*, котрі визначають по суті їх диспозицію у реалізації цільових програм інноваційного розвитку. У той час як у горизонтальних мережах, сформованих консорціумами, децентралізованими національними мережами, партнерствами та асоціаціями, нанотехнологічні науково-освітні центри «стягуються» навколо цільових програм, то у рамках вертикальних мереж вони концентруються на рівні кожної ланки науково-технологічного ланцюга (дослідження – розроблення нанотехнології – виробництво на її основі продукції – її реалізація на ринку) та нанопродуктових кластерів із залученням до цього процесу усіх структурних підсистем національних науково-виробничих оболонок (наукових і технологічних парків, бізнес-інкубаторів й акселераторів тощо) [235, с. 121].

Є всі підстави стверджувати, що центральною ланкою сучасних нанотехнологічних мереж є мезосередовище бізнес-діяльності, у якому головними суб'єктами наноіндустрії є, з одного боку, постачальники і компанії-виробники, об'єднані у стратегічні альянси, мережі і кластерні утворення з повним циклом ДіР; а з другого – академічні установи, котрі спеціалізуються на підготовці професійних кадрів для наноіндустрії. Їх ресурсні можливості щодо розбудови нанотехнологічних мереж суттєво підвищуються завдяки використанню спільних лабораторних комплексів, спільної науково-дослідної інфраструктури та спеціалізованих нанотехнологічних комплексів, зорієнтованих на розв'язання суто прикладних задач розвитку наноіндустрії. У такий спосіб сучасна структурна динаміка нанотехнологічних мереж нерозривно пов'язана з реалізацією кластерно-мережевої моделі розвитку науково-дослідної й освітньої діяльності у сфері нанотехнологій та наноматеріалів [265, с. 278].

В якості прикладу наведемо, зокрема, Сполучені Штати Америки, де у рамках реалізації Національної нанотехнологічної ініціативи значні обсяги фінансування спрямовуються саме в університетські заклади. На їх базі здійснюється підготовка професійних кадрів для національної наноіндустрії, а також реалізуються масштабні програми і проєкти з підвищення кваліфікації науково-дослідного персоналу. Окрім того, у структурі університетських закладів США в останнє десятиліття створено велику кількість науково-дослідних інститутів і лабораторій, обладнаних необхідним спеціалізованим обладнанням для нанотехнологічних ДіР. Назвемо лише окремі з них: Каліфорнійський університет Берклі (Центр енергоефективної електроніки), Гарвардський університет (Центр інтегрованих квантових матеріалів та Науково-технічний центр дослідження матеріалів), Массачусетський технологічний інститут (Центр з досліджень емерджентної поведінки інтегрованих стільникових систем), Університет штату Огайо (Центр екстрених матеріалів), Університет штату Пенсільванія (Центр нанорозмірної науки), Корнельський університет (Корнельський центр дослідження матеріалів), Північно-західний університет (Науково-технічний центр дослідження матеріалів), Принстонський університет (Центр комплексних матеріалів), Делаверський

університет (Центр гібридних, активних і чутливих матеріалів) [139]. Подібні приклади можна продовжувати. Наголосимо у цьому зв'язку, що у національній системі наноосвіти США на сьогодні беруть активну участь близько 500 університетів [275].

Таким чином, саме університетські заклади за безпосередньої державної підтримки стали в останні роки важливими інституційними майданчиками генерування у Сполучених Штатах Америки проривних нанотехнологічних розробок за найбільш пріоритетними і проривними їх напрямками, котрі власне й визначатимуть, на нашу думку, глобальне інноваційне лідерство цієї держави на найближчі десятиліття. Левова частка нанотехнологічних досліджень академічного сектору США фінансується на сьогодні Національною науковою фундацією за значної участі у цих процесах урядових відомств федерального рівня: Департаменту енергетики, Департаменту оборони, Міністерства сільського господарства, Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору, Міністерства з охорони навколишнього середовища тощо. Зокрема, одним з найбільших фінансових донорів нанотехнологічних досліджень американських університетів та коледжів є Національна наукова фундація, котра реалізує спеціалізовану Програму підтримки центрів нанорозмірної науки та техніки (англ. – *Nanoscale Science and Engineering – NSE*). У зазначених центрах здійснюється грантове фінансування широкого спектру науково-дослідних проєктів – від короткострокових прикладних (упродовж одного року) до довгострокових фундаментальних досліджень (терміном від п'яти до десяти років). У такий спосіб забезпечується не тільки масштабна фінансова підтримка трансдисциплінарних ДіР нанотехнологічного профілю, але й розбудова розгалуженої інфраструктури науково-технічних досліджень та системи освіти.

Важливість останньої важко переоцінити з урахуванням незавершеності формування у США зрілої інституційної структури ринків збуту нанотехнологічних товарів. Це об'єктивно вимагає від американського уряду реалізації комплексу заходів щодо забезпечення технологічного трансферу на користь приватних компаній, а відтак – підвищення рівня прибутковості їх

господарської діяльності на довгострокову перспективу. Отже, розгалужена інфраструктура науково-технічних досліджень та системи освіти дає змогу промисловому сектору США здобути усіх конкурентних переваг, згенерованих нанотехнологічними відкриттями. З другого боку, вона ж забезпечує значне прискорення темпів ринкової комерціалізації нанотехнологічних розробок на основі суттєвого скорочення інноваційного циклу, конвергенції фундаментальних і прикладних досліджень та досягнення потужних мережових ефектів від колабораційної взаємодії промислового сектору, академічних установ та урядових структур.

Доцільно зауважити, що на сьогодні американська мережа центрів нанорозмірної науки та техніки налічує 17 інституцій. Це, зокрема: Північно-західний університет (технології інтегральних нанопатернів та детектирування); Корнельський університет (наносистеми в інформаційних технологіях); Гарвардський університет (застосування наносистем у пристроях); Колумбійський університет (молекулярні наноструктури); Університет Райса (нанотехнологічні рішення для біології та екології); Політехнічний інститут Ренслер Іллінойського університету (складання наноструктур); Каліфорнійський університет (виготовлення об'єднаних наномасштабних структур та ін. (табл. 2.11). Як бачимо, кожен центр має свій чіткий спеціалізаційний профіль у тій чи іншій сфері нанотехнологічних досліджень і розробок. Тож їх діяльність забезпечує системне опанування економікою Сполучених Штатів Америки нанотехнологічною моделлю розвитку та досягнення їх суб'єктами господарювання значних інноваційних переваг на глобальному ринку.

Зазначимо також, що фундаментальні нанотехнологічні ДіР фінансуються Національною науковою фундацією на основі механізмів чотирирічних індивідуальних та невеликих групових дослідницьких грантів. Зокрема, останні надаються групам дослідників, членами яких є, у тому числі, щонайменше три провідні учені того чи іншого нанотехнологічного напрямку зі значним досвідом науково-дослідної діяльності у цій сфері.

Таблиця 2.11

**Мережа центрів нанорозмірної науки та техніки
Сполучених Штатів Америки та їх спеціалізація**

Центр нанорозмірної науки та техніки	Спеціалізація центру	Центр нанорозмірної науки та техніки	Спеціалізація центру
1. Північно-західний університет	Технології інтегральних нанопатернів та детектування	10. Університет штату Пенсільванія	Дослідження молекулярних функцій на межі поділу нано/біо
11. Корнельський університет	Наносистеми в інформаційних технологіях	1. Університет штату Огайо	Виробництво полімерних біомедичних нанопристроїв
12. Гарвардський університет	Застосування нано-систем у пристроях	2. Каліфорнійський університет у Берклі	Дослідження наномеханічних систем
13. Колумбійський університет	Молекулярні наноструктури	3. Стенфордський університет	Зондові дослідження у нанотехнологіях
14. Університет Райса	Нанотехнологічні рішення для біології та екології	4. Університет Медісон штату Вісконсин	Синтез на темплатах та наномасштабне складання
15. Політехнічний інститут Ренслер Іллінойського університету	Складання наноструктур	5. Техаський університет A&M	Розроблення інтелектуальних біо- і наноструктур для космічних апаратів
16. Каліфорнійський університет	Виготовлення об'єднаних наномасштабних структур	6. Принстонський університет	Біоконтроль, проектування і постачання нанокомпонентних матеріалів
17. Центр Урбана-Шампань Іллінойського університету	Виробництво наномасштабних хіміко-електромеханічних систем	7. Північно-західний університет, Массачусетський університет, Університет штату Нью-Гемпшир	Методи отримання наноструктур
18. Північно-східний університет у Бостоні	Високошвидкісне нановиробництво, організація навчання з наноінженерії		

Джерело: побудовано автором за даними [265, с. 182].

Так, загальна кількість щорічно виділених фундацією грантів даної категорії становить від 50 до 70 й окрім власне грантового фінансування учасники зазначених науково-дослідних груп отримують також доступ до ресурсних можливостей ще двох нанотехнологічних мереж, а саме: Національної мережі нанотехнологічної інфраструктури (*англ. – National Nanotechnology Infrastructure Network – NNIN*) та Мережі обчислювальних нанотехнологій (*англ. – Network for Computation Nanotechnology – NCN*). Їх функціонування забезпечує проведення американськими дослідниками своїх ДіР у форматі відкритої науки, за якого їм забезпечується безперешкодний доступ до отриманих усіма іншими фахівцями науково-технічних результатів, а споживачам й мережевим учасникам – до новітніх алгоритмів, методів моделювання, програм та комп'ютерів [265, с. 183].

Наголосимо, що центральне місце і провідний науково-дослідний статус американських університетів у сфері нанотехнологічних розробок значною мірою забезпечується на сьогодні *диверсифікованими форматами їх колабораційної взаємодії з урядами штатів*, а саме по лінії:

- університети – уряди штатів;
- університети – корпоративний сектор – уряди штатів;
- федеральний уряд – уряд штатів;
- уряд штатів – локальні органи влади;
- федеральний уряд – корпоративний сектор – уряди штатів.

Зокрема, у випадку реалізації моделі взаємодії у форматі університети – уряди штатів впроваджується гібридна модель фінансування створених на базі університетських закладів нанотехнологічних інститутів з коштів державних бюджетів штатів та університетських ендаумент-фондів. Своєю чергою, головною рисою колабораційної моделі по лінії університети – корпоративний сектор – уряди штатів є впровадження моделі співфінансування нанотехнологічних ДіР, котрі реалізуються на інституційній платформі університетських закладів, а фінансуються з боку ендаумент-фондів, приватних бізнес-структур та штатівських урядів. Наприклад, значні перспективи у контексті розбудови національної нанотехнологічної мережі Сполучених Штатів Америки пов'язані зі співпрацею уряду штату Нью-Йорк та цілої низки глобальних корпорацій високотехнологічного сектору (IBM, Micron, Applied Materials, Tokyo Electron тощо) у сфері будівництва Центру екстремальної ультрафіолетової літографії High NA загальною кошторисною вартістю у 10 млрд дол. США. Це – перший й єдиний у Північній Америці державний центр подібного профілю, який підтримує ДіР у сфері напівпровідників та створить вже у найближчі роки понад 700 робочих місць [73].

Звернімо увагу й на те, що кожен федеральний департамент й агентство у структурі Національної нанотехнологічної ініціативи Сполучених Штатів Америки самостійно визначає розмір власного бюджету на фінансування ДіР у сфері нанотехнологій, перебуваючи при цьому у тісній координаційній взаємодії з

Офісом бюджетного управління, Управлінням науково-технічної політики та Конгресом. У такий спосіб забезпечується *багатофункціональна, поліструктурна і багаторівнева мереживізація нанотехнологічної дослідницької інфраструктури США на основі розбудови інтегрованих програм ДіР у цій сфері та глибокої конвергенції ресурсних можливостей усіх федеральних департаментів й агентств у структурі NNI.*

Зауважимо у цьому зв'язку, що саме масштабне урядове фінансування нанотехнологічних ДіР стало в останні десятиліття стійким матеріальним базисом розбудови у США найдосконалішої у світі Національної мережі нановиробництва. За своєю організаційно-економічною й інституційною природою вона являє собою ніщо інше як розгалужений альянс академічних, урядових і галузево-секторальних промислових партнерів; відкритих наукових центрів, представників експертних кіл, стейкхолдерів і нановиробничих підприємств, котрі завдяки тісній колабораційній взаємодії активно розвивають нановиробництво у Сполучених Штатах Америки. Саме на інституційній базі Національної мережі нановиробництва США, нині не тільки ведуться фундаментальні міждисциплінарні дослідження провідними американськими ученими-теоретиками, але й активно залучаються у нанотехнологічні розробки представники промислового сектору та державних лабораторій, що суттєво полегшує науковий пошук та генерує потужні синергетичні ефекти від комерціалізації нанотехнологій.

З-поміж функціонуючих на сьогодні у США багатопрофільних нанотехнологічних центрів, сформованих на базі федеральних департаментів й агенцій, назовемо найголовніші: Інститут нанонаук, Морська науково-дослідна лабораторія й Інститут військових нанотехнологій (Департамент оборони); Центр нанодоставних систем і пристроїв, Центр досконалості ракових нанотехнологій для трансляційної діагностики, Центр досконалості онкологічних нанотехнологій Національного інституту здоров'я; Центр екологічних наслідків нанотехнологій та Агентство з охорони навколишнього середовища Національного інституту стандартів і технологій; Центр передових автономних систем інтегрованих датчиків і технологій, Центр інженерних досліджень клітинних метаматеріалів,

Наносистемний інженерно-дослідний центр нановиробничих систем для мобільних комп'ютерів і мобільних енергетичних технологій Національної наукової фундації та багато інших [139].

Варто наголосити, що надважлива роль державного стимулювання наноіндустрії у США виявляється також у *реалізації надзвичайно ефективних мережево-інфраструктурних механізмів взаємодії промислових бізнес-структур та учених з університетів і державних науково-дослідних центрів*, особливо на початкових етапах проведення нанотехнологічних ДіР. З цієї метою федеральний уряд США здійснює *пряме фінансування не тільки дослідницьких центрів з нанонауки і нанотехнологій, але й загальнонаціональної мережі так званих центрів колективного використання технологічного обладнання*. Послугами останніх можуть користуватись не лише окремі учені, але й цілі інститути, лабораторії та приватні компанії, котрі одночасно отримують доступ до додаткових сервісів зазначених центрів, насамперед в частині захисту прав інтелектуальної власності та включення у канали науково-технологічного трансферу. Таким чином, усі університетські заклади США, про які ми говорили вище, є членами загальнонаціональної мережі центрів колективного користування обладнанням.

У розбудові у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж важливу роль відіграють *нанотехнологічні кластери*, котрі репрезентують за своєю природою мезорівень створення й активного використання інноваційних розробок даного напрямку. Наголосимо у даному зв'язку, що саме нанотехнологічні кластери посідають на сьогодні центральне місце у формуванні глобальних технологічних трендів, створенні сприятливого середовища інноваційної діяльності, усуненні організаційно-економічних та інституційних бар'єрів для ринкової комерціалізації інноваційних ідей та скороченні часового проміжку для створення стартапів. Не слід скидати з рахунків й потужних інтервальних й екстермальних ефектів функціонування світової наноіндустрії, котрі формуються завдяки провідній ролі нанотехнологічних кластерів у підвищенні міжнародної конкурентоспроможності регіонів їх локалізації [203, с. 132].

Не випадково, ціла низка держав на сьогодні у своїй національній політиці щодо розбудови нанотехнологічних мереж роблять ставку на формування і форсований розвиток саме нанотехнологічних кластерів. Красномовним прикладом такої політики є Сполучені Штати Америки, де вже багато років поспіль доволі результативно працює нанокластер у м. Олбані (штат Нью Йорк). Його інституційним майданчиком став, як відомо, Нанотехнологічний комплекс Олбані (*англ. – Albany NanoTech Complex*) Коледжу нанотехнологій і науки (*англ. – Albany NanoCollege*) Державного університету штату Нью Йорк у м. Олбані. Згідно офіційної інформації, Нанотехнологічний комплекс Олбані має площу у майже 1,7 млн квадратних футів та включає 152 тис квадратних футів чистих приміщень, а саме: Zero Energy Nanotechnology (лабораторія для розроблення технологій чистої та відновлюваної енергії); NanoFab Xtension; CESTM (метрологічна лабораторія та офісні приміщення для реалізації програм Дослідницького центру атмосферних наук Університету штату Нью-Йорк та регіонального офісу прогнозування NOAA); NanoFab North; NanoFab Central; NanoFab South; Tech Valley High School (середня школа); NanoFab East (центр для відвідувачів) [178].

Репрезентуючи за своєю організаційною структурою високоінтегровану систему навчання, ДіР та створення промислових зразків у сфері нанотехнологій, Нанотехнологічний комплекс Олбані за період свого існування залучив лише капітальних інвестицій на загальну суму понад 15 млрд дол. США. Річний обсяг залученого ним фінансування на нанотехнологічні дослідження і розробки становить біля 5 млрд дол. США; а поточний операційний бюджет Нью-Йоркського Центру досліджень, економічного розвитку, технологій, техніки та науки (*англ. – NY CREATES*), що перебуває у його структурі, становить близько 300 млн дол. США та збільшується з року в рік [143]. Окрім того, даний комплекс має на сьогодні сотні корпоративних партнерів з числа лідерів технологічного сектору, спеціалізаційний профіль яких варіюється від силової електроніки до інтегрованої фотоніки, від штучного інтелекту до квантових обчислень. Подібного роду партнерство, будучи спрямованим на всебічну підтримку динамічних інновацій,

значною мірою визначатиме динаміку конкурентного розвитку економіки Сполучених Штатів Америки на наступні кілька десятиліть.

Окремої уваги у контексті розбудови у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж заслуговує і той факт, що Нанотехнологічний комплекс Олбані створив тисячі робочих місць у сфері ДіР даного напрямку. Зокрема, згідно оцінок авторитетних міжнародних експертів, Національна науково-технічна рада США (*англ. – National Science and Technology Council – NSTC*) вже у найближчі роки здатна створити у регіоні Олбані близько 1 тис робочих місць та залучити понад 2 млрд додаткового федерального фінансування на розширення науково-дослідних робіт у сфері нанотехнологій [162]. Досягнення такого результату стане можливим лише на основі об'єднання Національною науково-технічною радою державних, приватних та університетських партнерів, а відтак – розроблення і створення ними прототипів експериментальних напівпровідникових технологій, а також надання усім партнерським організаціям безперешкодного доступу до найсучаснішого технологічного обладнання для проведення нанотехнологічних ДіР.

Так, попри постійну диверсифікацію свого спеціалізаційного профілю та нарощування потенціалу міжсекторального співробітництва зі своїми партнерами, незмінним партнером Нанотехнологічного комплексу Олбані вже багато років поспіль є глобальна корпорація IBM. Головним її конкурентним успіхом на глобальному високотехнологічному ринку стало розроблення напівпровідників, включаючи першого у світі чіпа з 2-нанометровою технологією на своєму заводі Nanotech Complex в Олбані [162]. Дана багатонаціональна фірма змогла здобути та тривалий час утримувати глобальне конкурентне лідерство на високотехнологічному сегменті світового ринку завдяки не тільки великомасштабним інвестиційним капіталовкладенням у дослідження і розробки (6,6 млрд дол. США у 2022 р. [78]), але й формуванню стратегічних альянсів з провідними глобальними компаніями даного сектору, розбудові кластерних форм монополізації капіталу та динамічному розвитку мережових структур зі своїми партнерами. Як приклад, наведемо, зокрема, Центр дослідження апаратного

забезпечення IBM (*англ. – IBM Research AI Hardware Center*), який є на сьогодні невід’ємним складником глобальної дослідницької мережі даної корпорації (зі штаб-квартирою в Олбані), до складу якого входять Політехнічний інститут SUNY, Політехнічний інститут Ренселера, а також компанії Applied Materials та Tokyo Electron Ltd. Дана мережа активно працює над розробленням нових наноматеріалів, пристроїв та чіпів нового покоління, необхідних для прискореного розвитку технологій штучного інтелекту [77].

У цьому зв’язку нагадаємо також, що ще у 2007 р. було засновано стратегічний альянс за участі IBM та японської корпорації Toshiba з метою спільного розроблення 32-нанометрового технологічного процесу з виробництва інтегральних мікросхем, базованих на комплементарній структурі «метал-оксид-напівпровідник». Більше того, згідно умов міжфірмової угоди щодо заснування зазначеного стратегічного альянсу, компанія Toshiba долучилась до більш широкого у суб’єктному плані стратегічного альянсу, учасниками якого, окрім самої IBM, були ще п’ять корпорацій (Chartered Semiconductor, Freescale Semiconductor, Infineon Technologies, Samsung Electronics та STMicroelectronics). Усі вони на підприємствах IBM в Іст-Фішкілле (штат Нью-Йорк) вели спільні дослідження з розроблення мікросхем, що дало їм змогу не тільки акселерувати розвиток технологій виробництва високопродуктивних енергозберігаючих нанокристалів, але й суттєво посилити свій конкурентоспроможний вплив на глобальну напівпровідникову індустрію.

Окрім того, у березні 2021 р. було оголошено про створення нового стратегічного альянсу між корпораціями IBM та Intel, яке створить сотні нових робочих місць у регіоні Олбані у сфері проведення ДіР за проривними напівпровідниковими технологіями. Тож усі наведені факти засвідчують лідерські позиції Нанотехнологічного комплексу Олбані у статусі провідного науково-освітнього центру США як за концентрацією спеціалістів, так і масштабами інвестиційних капіталовкладень в інфраструктуру та обсягами виконуваних науково-дослідних робіт.

Що стосується місця і ролі європейських держав у розбудові глобальних нанотехнологічних мереж, то слід відзначити наявність у них багатого досвіду міжфірмового мережевого співробітництва у традиційних сферах бізнес-діяльності, який в останні два десятиліття активно використовується у сфері нанотехнологій. Якщо у 2000 р. на території держав-членів ЄС функціонували близько 90 наномереж, то нині – кілька сотень; якщо у 2007 р. не більше 38% європейських компаній і фірм були учасниками мережевого співробітництва, то у 2023 р. сукупний дохід на ринку корпоративної мережевої інфраструктури досягнув в Європі 14,1 млрд (з очікуваним перспективним трендом збільшення до 21 млрд на період до 2028 р.), а середні витрати на одного працівника на ринку корпоративної мережевої інфраструктури – 35 євро (46,7 євро у 2027 р.) (рис. 2.10).

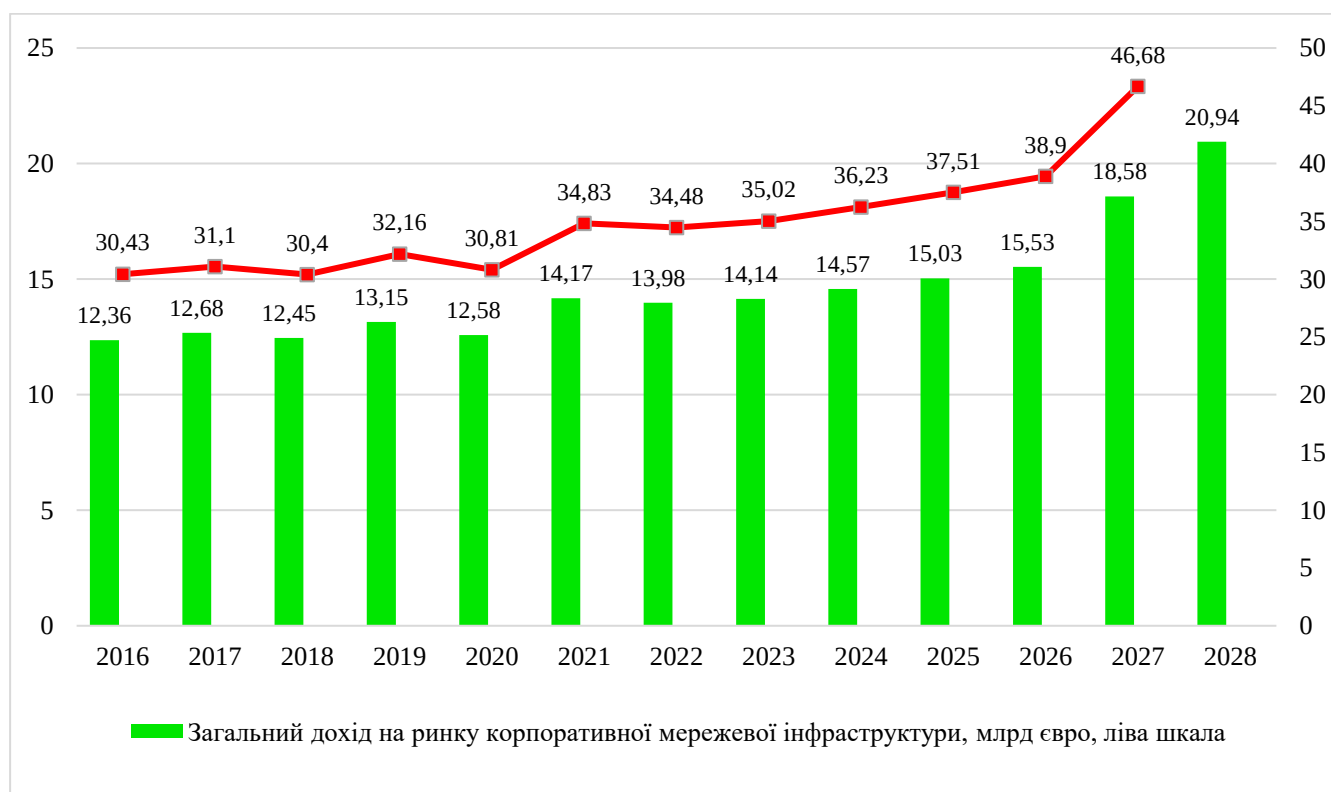


Рис. 2.10. Ключові показники розвитку ринку корпоративної мережевої інфраструктури держав Європи у 2016-2023 рр. з прогнозом на період до 2028р.

Джерело: побудовано автором за даними [44].

Зокрема, ще під час реалізації Шостої рамкової програми інноваційного розвитку Європейського Союзу на території його держав-членів була розбудована науково-дослідна мережа Nanoforum (за участі Інституту нанотехнологій

Великобританії та його партнерів з Франції, Іспанії, Німеччини, Нідерландів та Данії). З метою стимулювання транскордонного трансферу технологій вона встановила тісні коопераційні зв'язки з бізнес-мережею European Nanobusiness Association. Окрім того, Шоста рамкова програма дала старт процесу розбудови на території Євросоюзу мережі центрів передового досвіду (*англ. – European Network of Excellence*) у сфері нанотехнологій Nano2Life, спрямованих на об'єднання наявного у його держав-членів досвіду та знань у сфері нанобіотехнологій та перетворення Європи на конкурентоспроможного партнера США та Японії у сфері трансферу нанобіотехнологій та їх застосування в системі охорони здоров'я, фармацевтиці, захисті довкілля, оборонному секторі, харчовій промисловості тощо [2].

З цією метою Nano2Life об'єднала на своїй інституційній платформі близько 200 дослідників, а також 23 не пов'язаних між собою динамічних, вузькоспеціалізованих і компетентних регіонів і центрів, котрі мають значний досвід ініціювання та виконання нанобіотехнологічних програм і проєктів. До складу Nano2Life увійшли також 5 науково-дослідних центрів Сполучених Штатів Америки, Канади, Респ. Корея та Австралії, а також біля 30 асоційованих членів з числа представників промислового сектору та університетських закладів. На інституційному майданчику Nano2Life було організовано понад чотири десятки консорціумів з розроблення спільних проєктів нанотехнологічного напрямку, учасниками яких є біотехнологічні компанії (35%), компанії сектору приладобудування, що спеціалізуються на розробленні мікротехнологій і нанотехнологій (28%), а також підприємства з виробництва комп'ютерної техніки та програмного забезпечення (5%) [2].

Таким чином, основні функції Nano2Life полягають у нарощуванні конкурентоспроможності європейського промислового комплексу та підвищенні наукового рівня нанотехнологічного сектору держав-членів ЄС на основі нівелювання просторової і дисциплінарної фрагментації їх національних науково-технічних ресурсів, підготовки висококваліфікованих спеціалістів та експертів для нанотехнологічного сектора, а також формування сприятливого економічного

середовища використання нанотехнологій. При цьому слід враховувати одну важливу обставину: механізми впливу нанотехнологічних мереж на економіку Європейського Союзу формуються нині двома каналами: по-перше, шляхом демонстраційного ефекту конкурентного розвитку суб'єктів господарювання; по-друге, на основі створення ефекту відриву суб'єктів нової економіки від учасників старої економіки за показниками щодо масштабів і рівня рентабельності економічних операцій.

Таким чином, багаточисленні дослідження та досвід використання стратегічних альянсів і мереж у наноіндустрії свідчать про динамічне зростання показників продуктивності праці у Європейському Союзі упродовж останніх двох десятиліть (рис. 2.11), зниження операційних витрат бізнес-діяльності, а також зростання організаційно-економічної маневреності компаній і фірм та нарощування їх конкурентних позицій на різних сегментах глобального ринку.

Окрім того, для Євросоюзу на тлі багатопланової інституціоналізації наноіндустрії та нарощування інвестиційних капіталовкладень у даний сектор характерною є розбудова нанотехнологічних мереж, головним чином, на основі впровадження метаринкової маркетингової концепції консолідації бізнес-діяльності. Вона передбачає, як відомо, об'єднання у нанотехнологічні мережі тих суб'єктів господарювання, котрі виробляють взаємопов'язані нанопродукти та супутні послуги.

Одночасно із загальноєвропейськими нанотехнологічними мережами в останні десятиліття активно розвиваються і національні мережі, сформовані на території держав-членів ЄС. Зокрема, у Франції головними інституційними майданчиками нанотехнологічних досліджень є так званий «трикутник фізики» поблизу Парижа, Міжнародний центр з трансдисциплінарних досліджень у хімії та Фонд нанонауки у Греноблі (MINATEC). Останній репрезентує провідний європейський інноваційний кампус, що спеціалізується на проведенні мікро- та нанотехнологічних розробок з річним операційним бюджетом у 300 млн євро, з яких 50 млн становлять капітальні витрати. Він об'єднує у своїх лавах близько 3 тис дослідників, 1,2 тис студентів та 600 експертів з бізнесу і трансферу технологій,

пропонуючи усім учасникам унікальну інноваційну екосистему зі спільними технологічними платформами та досвідом для реалізації спільних проєктів за найбільш проривними напрямками нанотехнологічних розробок. Достатньо сказати, що щорічно дослідники MINATEC подають близько 350 заявок на патентування інновацій та є авторами понад 1,6 тис наукових статей з нанотехнологічної тематики [115].

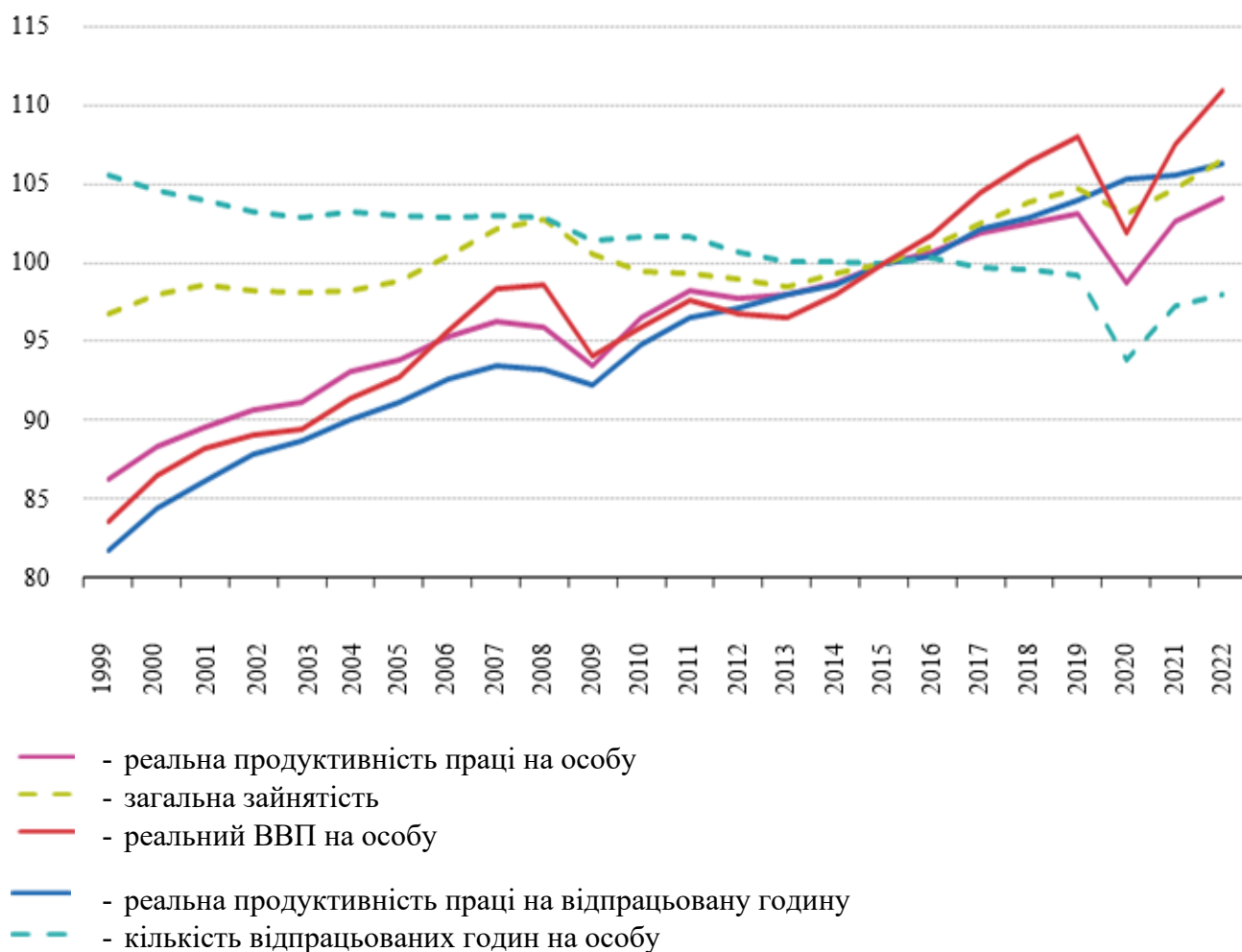


Рис. 2.11. Динаміка ключових показників продуктивності праці і реального ВВП на особу у Європейському Союзі у 1999-2022 рр. (2015 р. = 100)

Джерело: побудовано автором за даними [49].

Ще один яскравий приклад ефективного досвіду розбудови національної нанотехнологічної мережі демонструє Китай. На його території упродовж багатьох років у КНР було сформовано доволі розгалужену інноваційно-інфраструктурну мережу за участі численних науково-дослідних інститутів та університетів (Пекінського університету, Міського університету Гонконгу, Нанкінського

університету, Гонконгського університету науки і технологій, Університету Сучжоу, Університету науки і технологій Китаю тощо). На їх інституційному майданчику були сконцентровані сучасні дослідницькі лабораторії нанотехнологій для сприяння навчанню та ДіР у сфері нанонауки та нанотехнологій [94].

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 [124]. При цьому головним координатором діяльності китайських агентств у просуванні нанонауки і нанотехнологій є Міністерство науки і технологій КНР.

Підбиваючи підсумок, зазначимо таке: реалізовувані різними державами світу національні моделі розбудови нанотехнологічного сектору передбачають в якості обов'язкового компоненту наявність широкого спектру ефективних комунікаційних майданчиків для взаємодії науково-освітніх закладів, університетів, виробничих компаній, громадських і професійних спілок, інвестиційних і венчурних компаній у нанотехнологічному секторі. При цьому зусилля окремих учасників інноваційних процесів у сфері розроблення і ринкової комерціалізації нанотехнологій активно спрямовані нині на розбудову національних нанотехнологічних мереж на основі просування нанотехнологічних ДіР, залучення у даний сектор масштабного інвестиційного капіталу та грантів, активне лобіювання інтересів суб'єктів інноваційних процесів у регіональних і муніципальних органах управління, підтримку інноваційних компаній малого і середнього бізнесу, а також розвиток програм технологічного трансферу. Це обумовлено особливим і надзвичайно складним характером функціонування

світової наноіндустрії, яка виключає будь-які жорсткі методи консолідації нематеріальних компетенцій її учасників.

Сучасні масштаби участі компаній і фірм у розбудові глобальної наноіндустрії детермінуються на основі як їх органічного зростання, так і процесів злиттів і поглинань. За таких умов стратегічною метою їх діяльності стає входження в існуючі стратегічні альянси, мережі та нанопродуктові кластери, орієнтовані насамперед на розроблення і ринкову комерціалізацію нанотехнологій. Відтак – у міру подальшої розбудови у глобальних координатах цілісних комплексів технологічно пов'язаних між собою нанотехнологічних виробництв поступово формуватиметься глобальний ландшафт світової наноіндустрії з набуттям нанотехнологіями дедалі наростаючих масштабів та всепроникаючого характеру.

2.4. Економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав

Економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав є надзвичайно складним і багатоплановим процесом, який вимагає ретельного підбору й поєднання цілої низки показників, здатних у сукупності дати комплексну характеристику структурній динаміці макроекономічного зростання держав на основі використання у виробничих процесах проривних інновацій та науково-технологічних розробок. Отже, проведене нами дослідження у цій царині спрямоване насамперед на розуміння та квантифікацію взаємозв'язків між впровадженням нанотехнологічних інновацій у різних секторах національних економік відібраних держав та експортом продукції з високим технологічним складником та змінами, що детермінують ключові тренди в їх економічному зростанні.

У даному контексті звернімо увагу на те, що головні напрями нашого економетричного моделювання включають аналіз впливу нанотехнологічних інновацій на показники економічного зростання держав, продуктивність

функціонування їх національної промисловості, покращення якості продуктів і послуг, а також структурні зміни в експортних та імпорتنих операціях. Як відомо, для досягнення зазначених цілей дослідники застосовують різні методи економетричного аналізу, а саме: моделі регресії, векторну авторегресію (VAR), моделі змінних інструментів та ін. Таким чином, обґрунтовуючи вибірку показників для економетричного аналізу, слід враховувати таку обставину: успішна імплементація нанотехнологій у реальному секторі може залежати від різних факторів, які можуть бути узагальнені у наступний спосіб:

- по-перше, наявність необхідних технічних можливостей та технічних знань, а також доступність інфраструктурного забезпечення та відповідного статистичного і фактологічного матеріалу для проведення досліджень щодо виробництва наноматеріалів і пристроїв;

- по-друге, наявність фінансових ресурсів для інвестиційних капіталовкладень у дослідження і розробки нанотехнологій, а також виробництво і збут продуктів з принципово новими споживчими якостями як запоруки їх успішної комерціалізації;

- по-третє, чинні нормативно-правові та регуляторні механізми для забезпечення безпеки та ефективності використання нанотехнологій як важливого чинника їх успішної комерціалізації;

- по-четверте, наявність ринкового попиту на інноваційні продукти та технології на міжнародному ринку, що спричиняє нарощування обсягів інвестиційних капіталовкладень у розроблення та впровадження нанотехнологій;

- по-п'яте, ефективне співробітництво та мережеві зв'язки між університетами, дослідницькими установами, промисловими підприємствами та урядовими органами, які можуть сприяти успішній імплементації нанотехнологічних розробок на основі обміну знаннями та ресурсами.

Зауважимо у цьому зв'язку, що з-поміж факторів, які можуть справляти гальмуючий вплив на процеси ринкової комерціалізації нанотехнологічних розробок, головну роль відіграють наявні технологічні обмеження, етичні аспекти використання нанопродуктів і наноматеріалів, а також можливі ризики для

людського здоров'я та навколишнього середовища від їх використання. Тож формуючи групу показників, які визначатимуть рівень міжнародної конкурентоспроможності держав з урахуванням впливу нанотехнологічних інновацій, слід зробити основний акцент на таких індикаторах як-от: кількість патентів і наукових публікацій; валові внутрішні витрати на дослідження і розробки (оскільки вартісний обсяг інвестицій у розробку нових нанотехнологій є ключовим чинником їх потенційного впливу на конкурентоспроможність); частка високотехнологічного експорту країн (оскільки обсяг виробництва та використання нанотехнологій у промисловості вказує на їх практичну застосовність та комерційний успіх); а також міждержавний обмін технологіями, персоналом і знаннями, який забезпечує розширення і впровадження нанотехнологічних інновацій на міжнародному рівні. Ці показники допоможуть оцінити потенційний вплив нанотехнологічних інновацій на конкурентоспроможність обраних нами держав на міжнародному ринку. Своєю чергою, формуючи вибірку країн для поглибленого факторного аналізу використаємо глобальний країновий рейтинг інноваційної сили та валових внутрішніх витрат на дослідження та розробки (рис. 2.12).

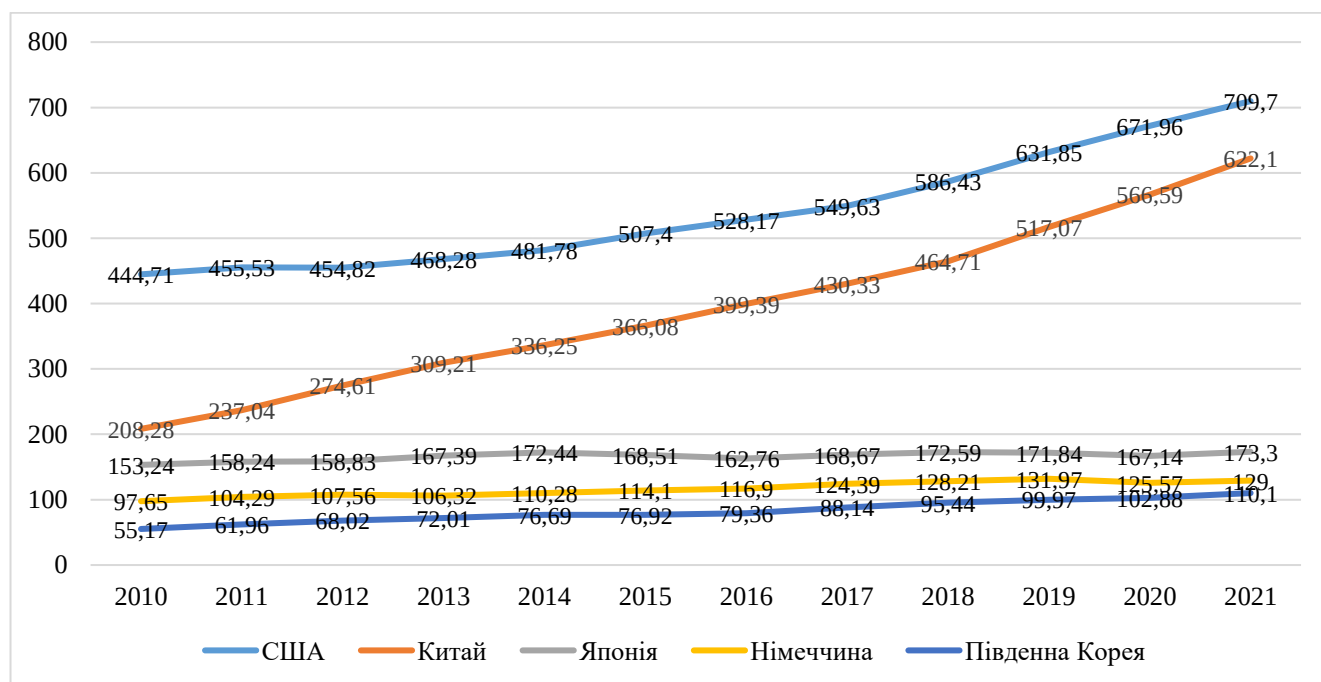


Рис. 2.12. Валові внутрішні витрати на дослідження та розробки обраних держав у 2010-2021 рр., млрд дол. США

Джерело: побудовано автором за даними [167].

Як випливає з даних, поданих на рис. 2.12, сучасними світовими лідерами у витратах на дослідження та розробки є представники достатньо різних за потенціалом держав, які розташовані у різних точках земної кулі. Попри це, зазначені країни характеризуються високими конкурентними та іміджевими позиціями на світовому високотехнологічному ринку в якості глобальних технологічних гігантів, а отже – репрезентують держави Світової тріади щодо розроблення стратегічних рішень в царині нарощування інноваційної діяльності та зростання на її основі економічного добробуту. Крім того з даних рис. 2.12 можемо також зробити висновок щодо стрімкої динаміки нарощування витрат на дослідження і розробки упродовж 2010-2021 рр. у США та Китаї за доволі поступального тренду даного показника для Японії, Німеччини та Респ. Корея.

У багатьох наявних на сьогодні спеціальних дослідженнях, присвячених проблематиці національного інноваційного розвитку держав в умовах техноглобалізму, доводиться відсутність прямого кореляційного зв'язку між його динамікою та підвищенням міжнародних конкурентних позицій держав і регіонів на високотехнологічному сегменті глобального ринку. Зокрема, для цілої низки країн-членів Європейського Союзу глобальний індекс конкурентоспроможності є суттєво гіршим, аніж індекс інноваційних чинників. Наприклад, Італія за глобальним індексом конкурентоспроможності посідає лише 49 місце у світі, а за індексом інноваційних чинників – 32, Греція – відповідно 78 і 42 місця [208]. З огляду на цю обставину, результуючим залежним фактором ми пропонуємо взяти ВВП, який демонструватиме динаміку економічного потенціалу країн, а відтак – може бути репрезентований як узагальнюючий показник рівня їх міжнародної конкурентоспроможності. Одночасно, з урахуванням того факту, що у нашу вибірку держав потрапили різні за потенціалом об'єкти дослідження, то важливо привести абсолютне значення ВВП до кількості населення у тій чи іншій обраній нами країні. Це дасть змогу частково компенсувати абсолютні величини таких країн як Китай та Сполучені Штати Америки. Таким чином, на основі даних Групи Світового банку [70] та OECD [145] ми сформуваємо вибірку показників, які характеризують рівень використання технологій, в тому числі і нанотехнологічних інновацій для економічного зростання (табл. 2.12 – 2.16).

Таблиця 2.12

**Вихідні дані для побудови багатфакторної моделі залежності ВВП на особу
від незалежних факторів технологічного розвитку
у Сполучених Штатах Америки**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	48650	444,71	2,74	166039	22,61	248249	31,11
2011	50065	455,53	2,77	166463	20,61	255832	32,91
2012	51784	454,82	2,68	169065	20,16	274033	35,06
2013	53291	468,28	2,71	169222	20,18	283781	35,29
2014	55123	481,78	2,71	175881	20,47	293706	37,56
2015	56762	507,40	2,77	175244	21,38	301075	35,18
2016	57866	528,17	2,84	173922	22,41	310244	41,97
2017	59907	549,63	2,88	154545	19,26	313052	44,41
2018	62823	586,43	2,99	153808	18,47	312046	42,74
2019	65120	631,85	3,15	153923	18,67	336340	42,27
2020	63530	671,96	3,42	141539	19,48	327586	45,03
2021	70248	709,70	3,48	169217	19,89	329229	46,06

Джерело: побудовано автором за даними [70; 145].

Таблиця 2.13

**Вихідні дані для побудови багатфакторної моделі залежності ВВП на особу
від незалежних факторів технологічного розвитку у Китаї**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	4550	208,28	1,7	474350	32,12	98111	13,04
2011	5614	237,04	1,8	540170	30,48	110583	14,71
2012	6300	274,61	1,9	593860	30,84	117464	17,75
2013	7020	309,21	2,0	655900	31,57	120200	21,03
2014	7636	336,25	2,0	653850	29,69	127042	22,61
2015	8016	366,08	2,1	652210	30,42	133612	22,02
2016	8094	399,39	2,1	594520	30,24	133522	23,98
2017	8817	430,33	2,1	654160	30,90	135885	28,98
2018	9905	464,71	2,1	731320	31,54	148187	35,78
2019	10143	517,07	2,2	715300	30,81	157093	34,37
2020	10408	566,59	2,4	757460	31,27	152342	37,87
2021	12556	622,10	2,4	942310	29,95	159019	44,47

Джерело: побудовано автором за даними [70; 145].

Таблиця 2.14

**Вихідні дані для побудови багатфакторної моделі залежності ВВП на особу
від незалежних факторів технологічного розвитку у Японії**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	44968	153,24	3,1	129810	19,08	54517	18,77
2011	48760	158,24	3,2	133090	18,34	55030	19,17
2012	49145	158,83	3,2	129200	18,20	55783	19,90
2013	40898	167,39	3,3	111060	17,72	56705	17,83
2014	38475	172,44	3,4	107370	17,75	60030	20,94
2015	34960	168,51	3,2	98250	18,01	59882	17,03
2016	39375	162,76	3,1	99100	17,59	58137	20,25
2017	38834	168,67	3,2	106180	17,27	58189	21,38
2018	39727	172,59	3,2	110740	17,00	59937	21,99
2019	40458	171,84	3,2	103900	18,60	62597	26,77
2020	39918	167,14	3,3	102750	17,97	61124	28,55
2021	39312	173,30	3,3	116510	13,37	66748	29,65

Джерело: побудовано автором за даними [70; 145].

Таблиця 2.15

**Вихідні дані для побудови багатфакторної моделі залежності ВВП на особу
від незалежних факторів технологічного розвитку у Респ. Корея**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	23079	55,17	3,3	132080	32,07	38296	9,18
2011	25097	61,96	3,6	133460	28,18	40890	7,42
2012	25459	68,02	3,9	130650	28,22	40779	8,62
2013	27179	72,01	4,0	143470	29,82	44611	9,84
2014	29252	76,69	4,1	149050	30,06	46219	10,55
2015	28737	76,92	4,0	147040	31,21	46419	10,12
2016	29280	79,36	4,0	135900	30,52	45406	9,43
2017	31600	88,14	4,3	166650	32,54	45691	9,70
2018	33447	95,44	4,5	192790	36,39	47431	9,81
2019	31902	99,97	4,6	153550	32,4	47372	9,91
2020	31721	102,88	4,8	163940	35,72	46282	9,89
2021	35142	110,10	4,9	204980	36,13	51753	11,12

Джерело: побудовано автором за даними [70; 145].

Таблиця 2.16

Вихідні дані для побудови багатфакторної моделі залежності ВВП на особу від незалежних факторів технологічного розвитку у Німеччині

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	41572	97,65	2,7	179570	16,88	12198	7,12
2011	46706	104,29	2,8	202280	16,33	12458	7,41
2012	43855	107,56	2,9	202760	17,22	14720	6,40
2013	46299	106,32	2,8	209260	17,29	15814	8,70
2014	48023	110,28	2,9	215610	17,20	17811	10,73
2015	41103	114,10	2,9	199430	17,82	19509	10,12
2016	42136	116,90	2,9	205080	18,08	19419	11,30
2017	44652	124,39	3,0	195690	15,84	19927	14,36
2018	47939	128,21	3,1	209720	15,74	21281	16,37
2019	46793	131,97	3,2	208150	16,38	20802	16,96
2020	46772	125,57	3,1	182350	15,49	19845	17,30
2021	51203	129,00	3,1	211890	15,38	18747	21,57

Джерело: побудовано автором за даними [70; 145].

Використовуючи розширення Data Analysis у Excel, зокрема функцію «Regression», ми здійснили побудову багатфакторних рівнянь та перевірили їх достовірність за допомогою коефіцієнтів кореляції, детермінації та критерію Фішера. Як випливає з результатів проведеного нами регресійного аналізу, поданих у табл. 2.17, усі рівняння є повною мірою адекватними, а отже – можуть бути використані для подальшого прогнозування впливу технологічних факторів на динаміку валового внутрішнього продукту на особу обраних нами держав. Такий висновок ґрунтується на представлених показниках кореляції, детермінації та критерію Фішера, котрі відповідають встановленим нормативним значенням економетричного аналізу. Коментуючи значення коефіцієнтів у рівняннях, звернімо увагу на такі показники як: «Експорт високих технологій, млн дол. США» та «Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США». В усіх рівняннях бачимо додатне значення даних індикаторів, тобто вплив даного фактору має позитивний ефект для усієї країнової вибірки.

Таблиця 2.17

Результати регресійного аналізу щодо побудови багатофакторного рівняння залежності результуючого фактору (Y) від незалежних змінних (X₁-X₆)

Країна	Рівняння, що описує взаємозв'язок	Коефіцієнт кореляції (R)	Коефіцієнт детермінації (R ²)	Розрахункове значення критерію Фішера
США	$Y = 145,62 \cdot X_1 - 22712,2 \cdot X_2 + 0,09 \cdot X_3 - 478,38 \cdot X_4 - 0,03 \cdot X_5 + 67,76 \cdot X_6 + 46081,33$	0,9997	0,9945	1214,47
Китай	$Y = 4,72 \cdot X_1 - 428,98 \cdot X_2 + 0,004 \cdot X_3 - 182,55 \cdot X_4 + 0,03 \cdot X_5 + 67,08 \cdot X_6 + 4306,35$	0,9978	0,9956	149,87
Японія	$Y = -144,48 \cdot X_1 - 4041,99 \cdot X_2 + 0,28 \cdot X_3 + 656,14 \cdot X_4 - 0,29 \cdot X_5 + 351,85 \cdot X_6 + 44892,1$	0,9881	0,9764	27,57
Респ. Корея	$Y = 503,71 \cdot X_1 - 14329,9 \cdot X_2 + 0,06 \cdot X_3 + 26,16 \cdot X_4 - 0,6 \cdot X_5 + 1815,19 \cdot X_6 + 47529,13$	0,9958	0,9916	78,84
Німеччина	$Y = -505,3 \cdot X_1 + 15562,47 \cdot X_2 + 0,14 \cdot X_3 - 2098,14 \cdot X_4 + 0,092 \cdot X_5 + 631,94 \cdot X_6 + 55122,07$	0,9858	0,9718	23,04

Джерело: розраховано і побудовано автором.

Крім того, на особливу увагу заслуговують такі фактори як «Валові внутрішні витрати на дослідження та розробки, млрд дол. США» та «Валові внутрішні витрати на дослідження і розробки, % від ВВП». У більшості рівнянь спостерігаємо різновекторне направлення коефіцієнтів біля цих показників, хоча за своїм змістовним навантаженням зазначені фактори є мультиколінеарними. Що ж стосується показника «Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %», то він має від'ємні значення коефіцієнтів, що засвідчує негативний тренд впливу на ВВП країн. Інакше кажучи, у контексті побудованих рівнянь залежностей країнам варто зменшити вартісні обсяги свого високотехнологічного експорту з метою утримання високих показників ВВП.

З метою обґрунтування прямого опосередкованого впливу визначених параметрів проведемо двофакторний аналіз та визначимо графічні представлення рівнянь (рис. 2.13 – 2.17), що описуватимуть даний взаємозв'язок (додаток Г).

У додатках Д, Е, Ж, И і К наведено результати багатofакторного аналізу впливу незалежних змінних на ВВП на особу за обраними нами країнами та побудовані взаємозв'язки на основі таких рівнянь взаємозалежності як: лінійна, логарифмічна, поліноміальна, степенева та експоненціальна функції. У табл. 2.19 наведено рівняння, що характеризуються найбільшими коефіцієнтами величини вірогідності апроксимації (R^2). Коментуючи види рівнянь та фактори, що характеризуються найвищими показниками щодо ймовірності, можемо зазначити переважаючий вплив такого показника як «Валові внутрішні витрати на дослідження та розробки, млрд дол. США». Відповідно для трьох країн він є визначальним щодо прямого безпосереднього впливу на ВВП на особу як результуючого показника у рівнянні. Щодо типу рівнянь, то найуживанішою лінією тренду є рівняння, що описує поліноміальний зв'язок, степенева та експоненціальна функції. Окремо слід акцентувати увагу на такій країні як Німеччина, оскільки лише один фактор – «Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США» характеризується значенням R^2 , що більше 0,5. На цій основі можемо стверджувати, що при побудові двофакторної моделі впливу, практично жоден показник не має прямого зв'язку з результуючим фактором, хоча у системі координат багатofакторного рівняння регресії зв'язок між факторами міцний та прямий.

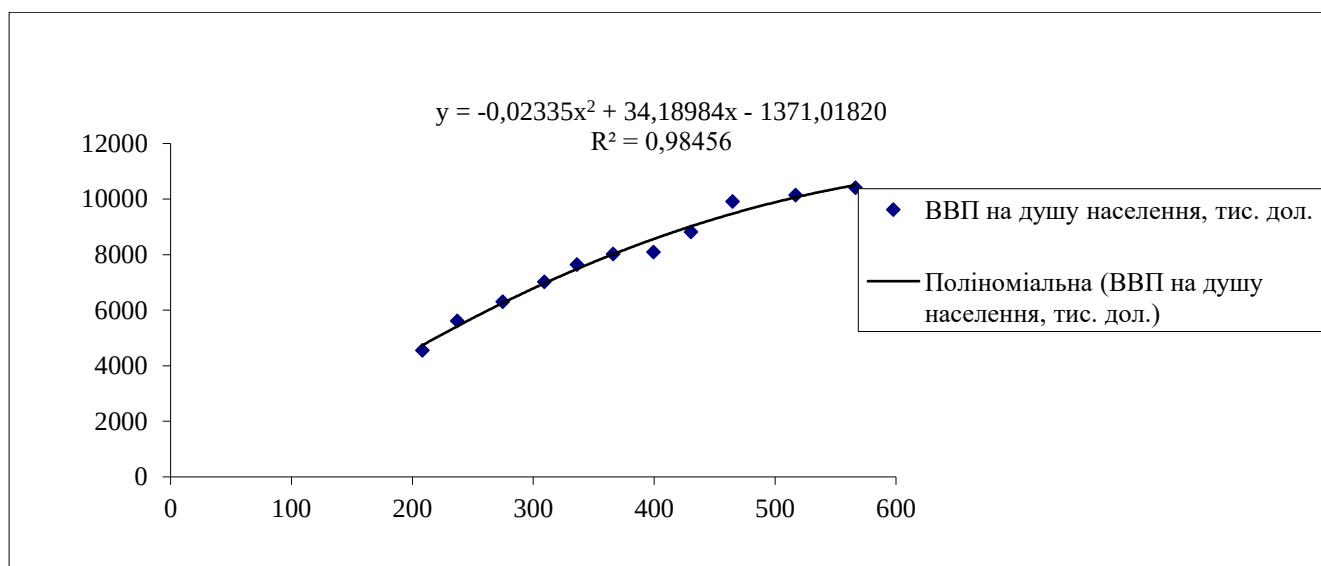


Рис. 2.13. Поліноміальна лінія тренду залежності ВВП на особу від валових внутрішніх витрат на дослідження та розробки у США

Джерело: розраховано і побудовано автором.

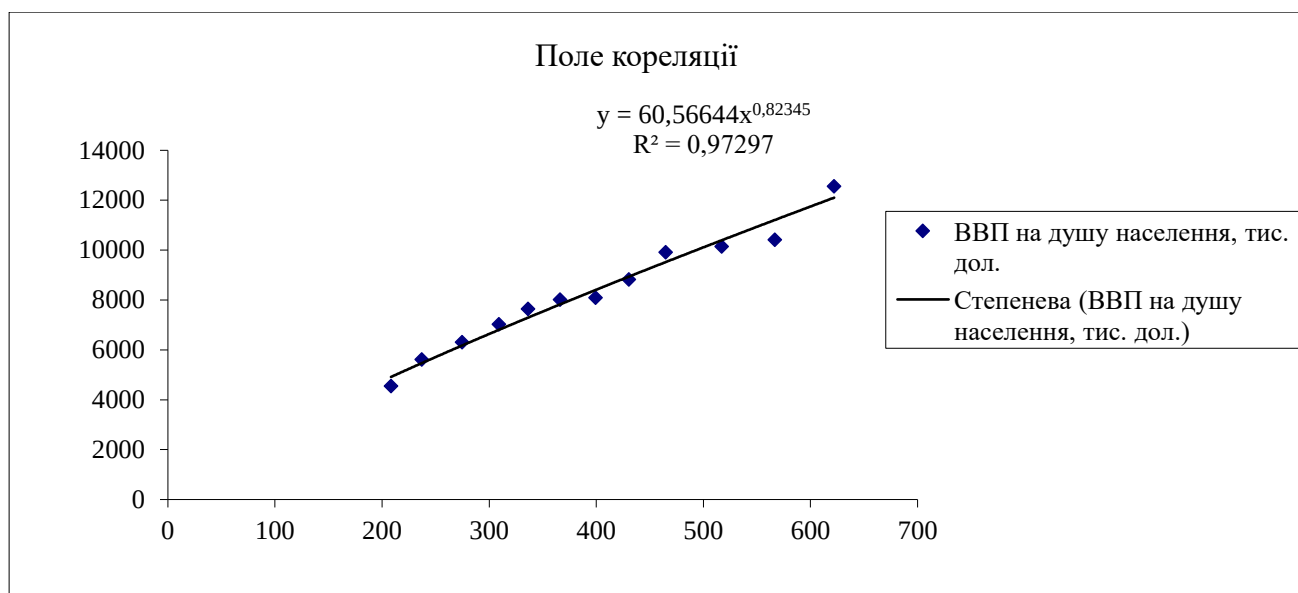


Рис. 2.14. Степенева лінія тренду впливу валових внутрішніх витрат на дослідження та розробки на ВВП на особу в Китаї

Джерело: розраховано і побудовано автором.

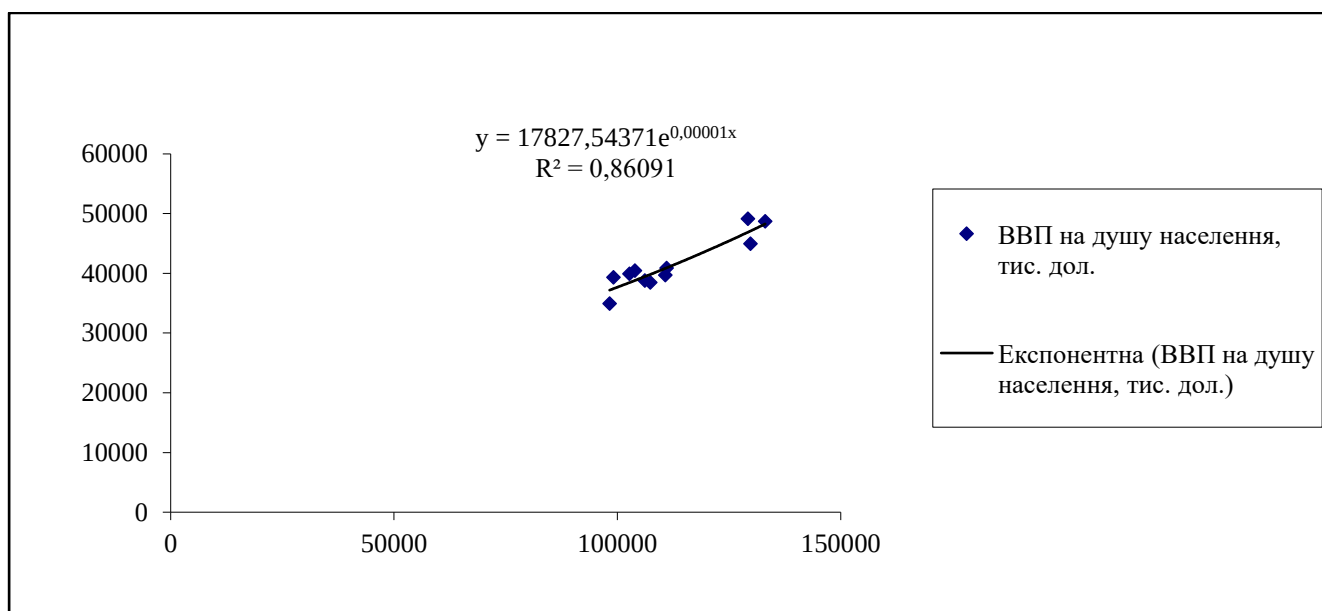


Рис. 2.15. Експоненціальна лінія тренду експорту високих технологій на ВВП на особу у Японії

Джерело: розраховано і побудовано автором.

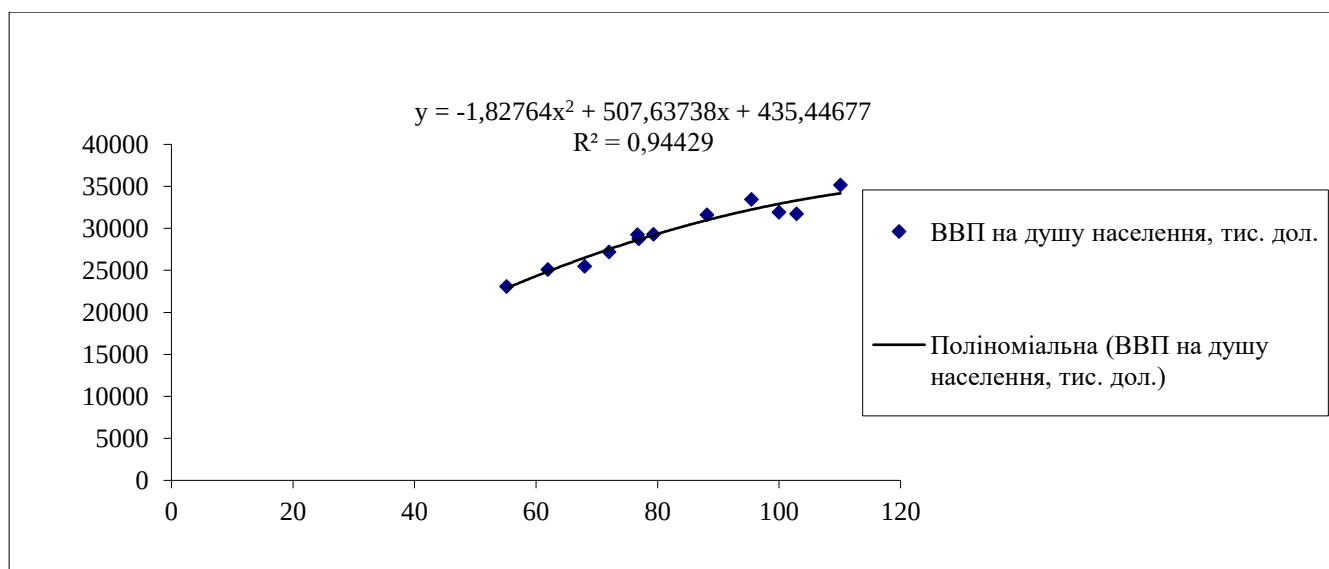


Рис. 2.16. Поліноміальна лінія тренду впливу валових внутрішні витрат на дослідження та розробки на ВВП на особу у Респ. Корея

Джерело: розраховано і побудовано автором.

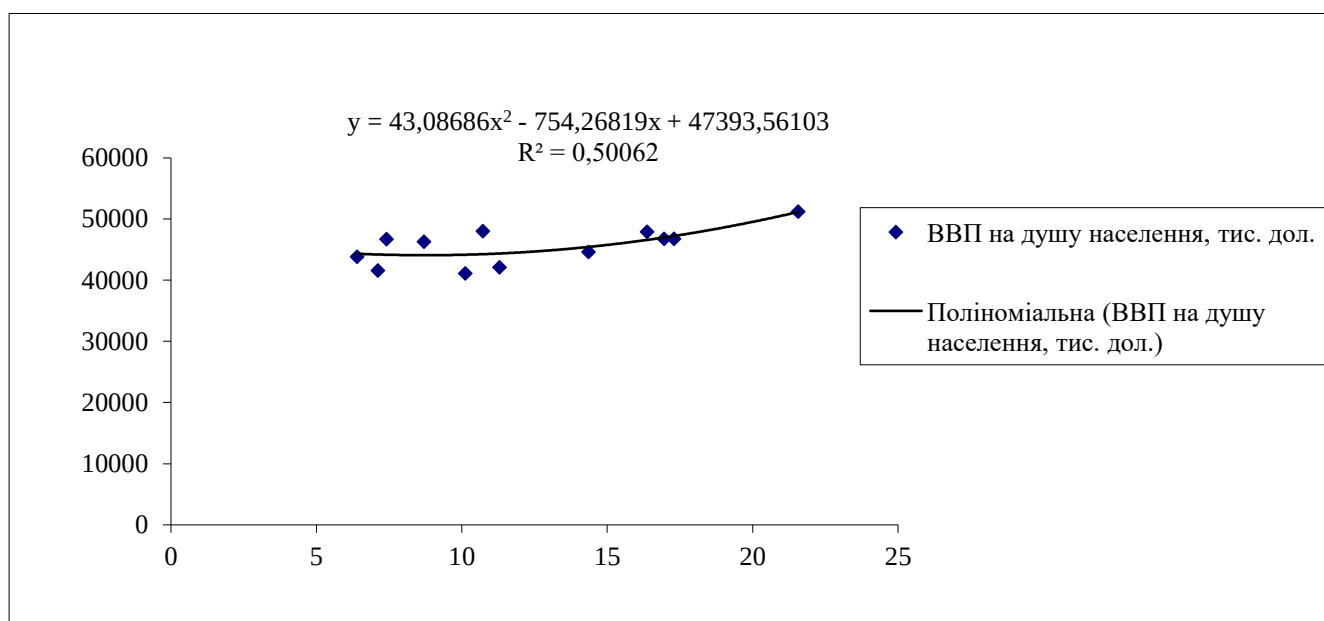


Рис. 2.17. Поліноміальна лінія тренду впливу зборів за використання інтелектуальної власності на ВВП на особу в Німеччині

Джерело: розраховано і побудовано автором.

Таким чином, проведене нами економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав дає змогу виявити ті фактори нанотехнологічних інновацій, котрі мають найбільший потенціал для нарощування міжнародних конкурентних позицій держав Світової тріади на глобальних ринках. Одночасно наш аналіз дає змогу виокремити фактори,

які справляють гальмуючий вплив на успішну ринкову комерціалізацію нанотехнологій у реальному секторі економіки, а також розробити рекомендації для національних урядів та підприємств щодо стратегій використання нанотехнологій з метою підвищення конкурентоспроможності. Відповідно проведений аналіз засвідчив суттєвий вплив на валовий внутрішній продукт на особу в якості результуючого залежного фактору таких показників як: «Валові внутрішні витрати на дослідження та розробки, млрд дол. США», «Валові внутрішні витрати на дослідження і розробки, % від ВВП», «Експорт високих технологій, млн дол. США», «Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %», «Кількість патентних заявок», «Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США». Ключові рівняння багатфакторного регресійного аналізу та побудовані лінії тренду у двофакторному кореляційному аналізі засвідчили наявність тісного взаємозв'язку між виокремленими показниками та залежним фактором.

Висновки до розділу 2

1. У розвитку світового ринку нанотехнологій в останні роки чітко окреслились і набули усталеного характеру глобальні тренди його структуризації. Усі вони за своєю економічною природою, рушійними силами, механізмами дії та векторною спрямованістю відбивають по суті ключові закономірності нанотехнологічних трансформацій світогосподарської системи. Це насамперед стрімке нарощування капіталізації ринку нанотехнологій, збільшення масштабів їх залучення у світогосподарський обіг як на рівні окремих його секторів, так і міжсекторальних та територіально-просторових комплексів; масштабна тінізація глобального нановиробництва; динамізація науково-дослідних робіт, пов'язаних з нанотехнологічними розробками, та міжнародних співавторських зв'язків у публікаційній діяльності; зростання витрат бізнес-сектору на ДіР у сфері нанотехнологій навіть на тлі певної стагнації капіталовкладень у дослідження і розробки інших напрямів; активізація процесу патентування нанотехнологічних

винаходів; динамічне зростання зайнятості у даному секторі; нарощування масштабів корпоративного венчурного фінансування нанотехнологій та ін.

2. Потужним драйвером подальшого нарощування капіталізації глобального ринку нанотехнологій є зростання ринкового попиту на нанокompозити з боку широкого кола промислових секторів національних економік держав. У найближчі десятиліття він буде лише збільшуватись, акселеруючи подальший розвиток даного сектору та його системну структурну диверсифікацію. За таких умов глибоких трансформаційних змін зазнає світова виробнича система насамперед на основі значного розширення технологічних платформ для національних промислових секторів, сфери біомедицини та екології. Окрім того, нанотехнології не тільки детермінуватимуть ресурсну безпеку багатьох країн світу, але й закладуть якісно нові параметри їх міжнародної конкурентоспроможності та стратифікаційного поділу за рівнем науково-технічного й інноваційного розвитку. Техноглобалізаційні умови функціонування світової наноіндустрії відкриють доступ до нанотехнологічних здобутків людства держав – нинішніх аутсайдерів світового інноваційного прогресу, суттєво розширивши при цьому ресурсні можливості нівелювання глибоких диференціацій в інноваційному розвитку країн і цілих регіонів.

3. Світова наноіндустрія об'єктивно не може розвиватись на основі дії виключно ринкових механізмів в силу величезних обсягів необхідного для її розвитку первинного капіталу та тривалих термінів окупності капіталовкладень, високого рівня ризикованості господарських операцій та жорсткої конкуренції у нанотехнологічному секторі, а також колосальних загроз щодо втрати контролю національних урядів над параметрами гуманітарної й екологічної безпеки. Це спонукало національні уряди до активного розроблення масштабних цільових державних програм розвитку наноіндустрії. Фінансування подібного роду програм здійснюється за рахунок коштів державних бюджетів, забезпечуючи динамічне нарощування капіталізації глобального ринку нанотехнологій та диверсифікацію їх продуктово-видової структури.

4. Найрозвинутіша система державної підтримки нанотехнологічного сектору сформувалась у Сполучених Штатах Америки. Вона характеризується насамперед величезними масштабами фінансування нанотехнологічних досліджень і розробок; диверсифікованою суб'єктною структурою і глибокою коопераційною взаємодією різних федеральних департаментів й агенцій у царині розроблення і комерціалізації наноінновацій; орієнтацією нанотехнологічних ДіР на фронтальне й системне опанування провідними напрямками науково-технологічного прогресу у цій сфері; одночасним веденням інтенсивних досліджень і розробок практично за усіма напрямками нанотехнологій; оперативним патентуванням наукових винаходів; масштабною федеральною фінансовою підтримкою малого бізнесу у розробленні ним нанотехнологічних інновацій, стимулюванням його науково-технічного співробітництва з науково-дослідними установами та подальшим використання результатів ДіР у приватному секторі. Це є запорукою утримання Сполученими Штатами Америки глобального конкурентного лідерства у наноіндустрії.

5. Попри величезні зусилля об'єднаної Європи у розвитку нанотехнологічного сектора регіональної економіки, вона так і не змогла добитись глобального лідерства у цій сфері. Основні причини значного відставання ЄС у нанотехнологічній сфері криються насамперед у значно меншій, порівняно зі Сполученими Штатами Америки, підтримці нанотехнологічних розробок з боку бізнес-структур, слабо вираженій науково-технологічній спеціалізації Євросоюзу за даним напрямом глобального інноваційного прогресу, а також певному «розпорошуванні» наукових зусиль даного блоку за різними векторами розвитку наноіндустрії. Це спричиняє наростання фрагментації європейського науково-дослідного простору, певне дублювання спеціалізаційного профілю держав-членів та значний брак критичної маси нанотехнологічних знань. Такий стан речей настійно вимагає суттєвого поліпшення усієї системи державної і наднаціональної координації науково-дослідних програм і проєктів у нанотехнологічній сфері з посиленням концентрації фінансових капіталовкладень у тих сферах, за якими

європейські компанії і фірми володіють необхідними конкурентними перевагами для здійснення вагомego нанотехнологічного прориву.

6. Якісно новим центром глобального суперництва у сфері нанотехнологій є Китай, який в останні десятиліття активно рухається вперед глобальною нанотехнологічною траєкторією. Ключовими факторами його виривання у світовий нанотехнологічний авангард є насамперед високий рівень фінансування даного сектору, неухильно зростаючий резерв наукових талантів та диверсифіковані канали міжнародного науково-технологічного співробітництва цієї держави у нанотехнологічному секторі. На сьогодні уряд КНР найбільшою мірою зосереджується на питанні щодо підвищення конкурентоспроможності розроблених нанотехнологій шляхом їх масштабної законодавчої і регуляторної підтримки та включення до Тринадцятого п'ятирічного плану в якості провідного науково-технологічного 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.

7. Матеріальним ядром й головним інституційним майданчиком сформованих на сьогодні у світі національних нанотехнологічних мереж є нанотехнологічні науково-освітні центри. Вони функціонують у статусі структурних підрозділів науково-дослідних центрів чи університетських установ, спеціалізуючись на проведенні досліджень і розробок нанотехнологічного профілю та підготовці кваліфікованих спеціалістів для наноіндустрії. Одночасно активне використання ними результатів нанотехнологічних ДіР в освітньому процесі дає можливість суттєво підвищити якість підготовки професійних кадрів на основі системної конвергенції і взаємодоповнення фундаментальних досліджень й навчального процесу, значного поглиблення нанотехнологічних теорій та розширення діапазону їх застосування, а також передачі студентському контингенту найбільш прогресивних інноваційних ідей у сфері нанотехнологій.

8. Сучасні нанотехнологічні науково-освітні центри спираються у своїй діяльності на розгалужені освітні платформи в рамках дослідницьких університетів.

Вони охоплюють насамперед програми спільних досліджень з компаніями промислового сектору, сформовані навколо університетів технологічні, наукові і бізнесові парки; стартапи і центри ліцензування технологій; бізнес-інкубатори і спеціалізовані служби підтримки венчурного капіталу; бізнес-школи і центри підприємництва тощо. У глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічні науково-освітні центри є глибоко вбудованими у горизонтальні чи вертикальні мережі, котрі визначають по суті їх диспозицію у реалізації цільових програм інноваційного розвитку. У той час як у горизонтальних мережах, сформованих консорціумами, децентралізованими національними мережами, партнерствами та асоціаціями, нанотехнологічні науково-освітні центри «стягуються» навколо цільових програм, то у рамках вертикальних мереж вони концентруються як на рівні кожної ланки науково-технологічного ланцюга (дослідження – розроблення нанотехнології – виробництво на її основі продукції – її реалізація на ринку), так і нанопродуктових кластерів із залученням до цього процесу усіх структурних підсистем національних науково-виробничих оболонок (наукових і технологічних парків, бізнес-інкубаторів й акселераторів тощо).

9. Центральною ланкою сучасних нанотехнологічних мереж є мезосередовище бізнес-діяльності, у якому головними суб'єктами наноіндустрії є, з одного боку, постачальники і компанії-виробники, об'єднані у стратегічні альянси, мережі і кластерні утворення з повним циклом ДіР; а з другого – академічні установи, котрі спеціалізуються на підготовці професійних кадрів для наноіндустрії. Їх ресурсні можливості щодо розбудови нанотехнологічних мереж суттєво підвищуються завдяки використанню спільних лабораторних комплексів, спільної науково-дослідної інфраструктури та спеціалізованих нанотехнологічних комплексів, зорієнтованими на розв'язання прикладних задач розвитку наноіндустрії. У такий спосіб сучасна структурна динаміка нанотехнологічних мереж нерозривно пов'язана з реалізацією кластерно-мережевої моделі розвитку науково-дослідної та освітньої діяльності у сфері нанотехнологій та наноматеріалів.

10. У розбудові у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж важливу роль відіграють нанотехнологічні кластери, котрі репрезентують за

своєю природою мезорівень створення й активного використання інноваційних розробок даного напрямку. Саме нанотехнологічні кластери відіграють на сьогодні надважливу роль у формуванні глобальних технологічних трендів, створенні сприятливого середовища інноваційної діяльності, усуненні організаційно-економічних та інституційних бар'єрів для ринкової комерціалізації інноваційних ідей та скороченні часового проміжку для створення стартапів. Не слід скидати з рахунків й потужних інтернальних й екстернальних ефектів функціонування світової наноіндустрії, котрі формуються завдяки провідній ролі нанотехнологічних кластерів у підвищенні міжнародної конкурентоспроможності регіонів їх локалізації.

11. Проведене економетричне моделювання впливу нанотехнологічних інновацій на міжнародну конкурентоспроможність держав, що репрезентують групу країн Світової тріади, підтверджує суттєвий вплив на валовий внутрішній продукт на особу в якості результуючого залежного фактору таких показників як: валові внутрішні витрати на дослідження та розробки, млрд дол. США; валові внутрішні витрати на дослідження і розробки, % від ВВП; експорт високих технологій, млн дол. США; частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %; кількість патентних заявок; збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США. Ключові рівняння багатфакторного регресійного аналізу та побудовані лінії тренду у двофакторному кореляційному аналізі засвідчують наявність найтіснішого прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та показниками експорту високих технологій та зборів за використання інтелектуальної власності. Натомість показник частки високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції має від'ємні значення коефіцієнтів за усіма аналізованими країнами, що засвідчує негативний тренд його впливу на значення їх ВВП на особу. Інакше кажучи, у контексті побудованих рівнянь залежностей усім державам варто зменшити вартісні обсяги свого високотехнологічного експорту з метою утримання високих міжнародних конкурентних позицій.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [135; 136; 247; 250; 253; 255; 256; 258].

РОЗДІЛ 3.

СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ІНТЕГРАЦІЇ УКРАЇНИ У НАНОТЕХНОЛОГІЧНИЙ СЕГМЕНТ ГЛОБАЛЬНОГО РИНКУ

3.1. Сучасні кількісні і якісні параметри розвитку вітчизняної наноіндустрії

Динамічний розвиток в останні десятиліття революційних інноваційних проривів у сфері нанотехнологій ставить на світовий порядок денний питання щодо їх масштабного використання практично усіма секторами національних економік держав, у тому числі з метою вирішення найбільш актуальних проблем глобального соціально-економічного розвитку. Загальновідомо, що на сьогодні нанотехнологічні розробки репрезентують не тільки один з найперспективніших напрямів розвитку високих технологій, але й матеріальне ядро формування секторів шостого технологічного укладу. Саме останні, відіграючи вирішальну роль у реалізації чергового етапу науково-технічної революції та розбудові у глобальних координатах постіндустріального технологічного способу виробництва, власне й визначатимуть міжнародну конкурентоспроможність держав на найближчі десятиріччя (до 2050 р.). Окрім того, нанотехнології, як базис постіндустріальної моделі глобального економічного розвитку, є також потужним рушієм розвитку біо-, інфо- і когно-технологій з подальшим їх перетворенням на глобальні точки капіталістичного нагромадження та масовим застосуванням в інноваційних розробках у сфері створення нових матеріалів.

Що стосується України, то вона також не може перебувати осторонь провідних науково-технічних й інноваційних трендів розвитку глобального високотехнологічного ринку. Важливо зазначити, що саме за рахунок розвитку нанотехнологічного сегменту наша держава зможе «підключитись» до чергової хвилі світового економічного зростання, налагодивши при цьому виробництво високотехнологічних товарів з принципово новими споживчими характеристиками, забезпечивши багаторазове зменшення обсягів вихідної сировини й енергетичних

ресурсів, суттєво прискоривши усі виробничі цикли [236], а також оперативно відреагувавши на найбільш загрозливі виклики науково-технічного і соціального прогресу. Йдеться про те, що нинішнє етапне завершення глобального науково-технологічного циклу супроводжується надмірним акумулюванням інновацій у розвинутих державах – лідерах світогосподарського прогресу. На тлі надзвичайно високої вартості праці в їх національних економіках та відносно низької доступності інновацій для решти країн світу подібного роду регіональна надконцентрація глобального інноваційного капіталу має своїми закономірними наслідками як значне сповільнення процесів транскордонної дифузії знань і технологій, так і загальне гальмування темпів макроекономічного зростання країн з причин зниження рівня ефективності виробництва та продуктивності суспільної праці [201, с. 185, 186]. Відтак – динамічне опанування відсталими у технологічному плані країнами базових технологій і виробництв нових технологічних укладів відкриває перед ними широкі можливості щодо динамічної структурної модернізації національних економік за рахунок використання на ранніх стадіях розвитку нанотехнологічного сегменту глобального ринку успішного міжнародного досвіду та наявних досягнень у цій сфері. До таких країн належить і наша держава.

Якщо характеризувати конкурентну диспозицію України на сучасній нанотехнологічній карті світу, то слід відзначити, що вона перебуває на початковому етапі становлення наноіндустрії з причин початку ДіР даного профілю на 7-10 років пізніше, порівняно з країнами-лідерами глобального інноваційного прогресу. Зокрема, питома вага України на світовому технологічному ринку не перевищує нині 0,15%, а на ринку нанотехнологій – близько 0,02% [232, с. 117]. Так, ще у 2003 р. за ініціативи Національної академії наук нашої держави була започаткована *двоетапна комплексна програма фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології»* (на період 2003-2006 рр. та 2007-2009 рр.) [268; 267]. Своєю чергою, у 2009 р. *стартує п'ятирічна (2010-2014 рр.) Державна цільова науково-*

технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» із загальним обсягом фінансування 2 млрд грн. Попри відносно незначний, порівняно із західними країнами, фінансовий ресурс даної програми, у рамках її реалізації українськими науковцями було створено цілу низку проривних інноваційних розробок нанотехнологічного профілю, насамперед у сфері наноматеріалів і наноелектроніки, нанохімії і нанобіотехнології, нанотехнологій для енергетики та нанодіагностики [266].

Варто нагадати, що на відміну від усіх попередніх державних цільових програм зазначена науково-технічна програма характеризується значно вищим рівнем прикладного спрямування щодо розбудови в Україні сучасного наноіндустріального сектору. Йдеться насамперед про передбачені програмою «Нанотехнології та наноматеріали» механізми державної підтримки розбудови інфраструктурного забезпечення наноіндустрії, координування робіт щодо розроблення і ринкової комерціалізації нанотехнологій і наноматеріалів, а також впровадження принципово нових освітніх підходів у підготовці висококваліфікованих спеціалістів, наукових та інженерних кадрів нанотехнологічного профілю [212]. Окрім того, за результатами реалізації даної програми мали бути розроблені нормативно-правові акти, стандарти та сертифікати, необхідні для інституційно-регуляторного унормування процесів розроблення і ринкової комерціалізації нанотехнологій і наноматеріалів.

Досягнення нашою державою передбачених у Державній цільовій науково-технічній програмі «Нанотехнології та наноматеріали» стратегічних цілей забезпечувалось, у тому числі, на основі чіткого формулювання дев'яти пріоритетних напрямів нанотехнологічних розробок з урахуванням внутрішніх ринкових потреб; а також формування своєї загальнонаціональної мережі науково-технічних рад за відповідними нанотехнологічними напрямками досліджень. Це, зокрема, наноелектроніка і наноінженерія, функціональні та конструкційні наноматеріали, колоїдні нанотехнології та нанотехнології для

каталізу і хімічної промисловості, нанотехнології і наноматеріали для енергетики та захисту довкілля, нанотехнології спеціального призначення та ін.

Наступний етап розвитку вітчизняних нанотехнологічних розробок бере свій початок у 2015 р. і пов'язаний з реалізацією Національною академією наук України *Цільової комплексної програми наукових досліджень «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій»* на період 2014-2019 рр. Доцільно зауважити, що у її імплементації взяли участь 34 наукові установи нашої держави, співробітники яких виконали 107 проєктів, у тому числі 28 проєктів, профінансованих коштом бюджетної програми «Підтримка розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень» [245, с. 30].

Загальновідомо, що одним з надважливих інституційних інструментів проведення в Україні прикладних розробок нанотехнологічного профілю є започаткований ще у далекому 2004 р. загальнонаціональний конкурс науково-технічних проєктів Національної академії наук. Головною умовою участі у даному конкурсі є наявність у вітчизняних дослідників партнерів, зацікавлених у ринковій комерціалізації нанотехнологічної продукції, та їх безпосередня участь у фінансуванні науково-дослідних проєктів. Якщо звернутись до конкретних цифр, то лише упродовж 2015-2019 рр. структурними підрозділами НАН України було реалізовано 188 подібного роду колабораційних проєктів загальною кошторисною вартістю майже 70 млн грн. З них 125 проєктів загальною вартістю понад 54 млн грн. були реалізовані Секцією фізико-технічних і математичних наук [245, с. 36], що підтверджує її лідерські позиції у сучасних нанотехнологічних дослідженнях вітчизняних учених.

Нарешті, *станом на тепер на етапі реалізації* перебуває *Цільова програма фундаментальних досліджень* Національної академії наук України *«Перспективні фундаментальні дослідження та інноваційні розробки наноматеріалів і нанотехнологій для потреб промисловості, охорони здоров'я та сільського господарства»*, яка охоплює період 2020-2024 рр. Її структура містить чотири розділи: «Фізика та методи досліджень нанорозмірних систем», «Хімія

нанорозмірних систем», «Основи технологій отримання та з'єднання наноматеріалів» та «Нанобіотехнології та наноматеріали медичного та сільськогосподарського призначення», котрі включають провідні напрями розвитку вітчизняних ДіР нанотехнологічного напрямку.

Таким чином, узагальнення досліджень і розробок наукових установ НАН України, залучених до реалізації зазначених Цільових комплексних програм розбудови нанотехнологічного сегменту українського ринку, дає підстави зробити висновок про концентрацію найбільш потужного науково-дослідного ресурсу за такими напрямками вітчизняних нанотехнологічних досліджень як: нанофізика, нанобіотехнологія та нанохімія [283, с. 174]. Дослідженнями і розробками даного профілю займається близько третини [218] загальної кількості структурних підрозділів Національної академії наук України (додаток Л).

Прикметно відзначити, що попри відносно низький рівень абсорбційної здатності української економіки до ринкової комерціалізації нанотехнологічних ДіР, науково-дослідні роботи у цій сфері ведуться доволі активно. Більше того, результати нанотехнологічних ДіР українських дослідників *за своїми споживчими характеристиками не тільки не поступаються відповідним зарубіжним розробкам*, але й в окремих випадках навіть перевершують їх, не кажучи вже про значно нижчу вартість вітчизняних розробок. Йдеться насамперед про такі науково-дослідні розробки як-от:

- технології виробництва акумуляторних нанокомпозитних електродів; магнітоактивних еластомерів; нанорідин для енергокотлів з підвищеними теплопровідними характеристиками; стійких до зносу керамічних та композиційних матеріалів на основі нанопорошків діоксиду цирконію; нанокомпозитних електрокаталізаторів з високою ефективністю виділення водню з води; а також високосорбційних нетоксичних і біосумісних нанокомпозитів для автомобільного, ракетно-космічного та медичного секторів;

- високоефективні технології гвинтового екструзійного оброблення матеріалів на основі кольорових металів з покращеними механічними характеристиками для

застосування у медичному секторі (в якості імплантів) та в авіабудуванні (при виробництві лопаток турбодвигунів);

- нанокристалічні стрічкові магнітопроводи з поліпшеними технічними характеристиками щодо зменшення енергетичних втрат при перемагнічуванні у трансформаторах і дроселях;

- композити «полімер-вуглецеві наночастинки» для екранування НВЧ-, інфрачервоного та оптичного випромінювання;

- технології наноінженерії поверхонь на основі одержання впорядкованих мономолекулярних (2D-кристалічних) органічних покриттів для керування фізико-хімічними властивостями різного роду поверхонь та багато інших [245, с. 31].

Нанотехнології в Україні активно розробляються також для системи охорони здоров'я, зокрема, у сфері розроблення нових матеріалів, лікувальних препаратів та різного роду біомедичних засобів. Це, в першу чергу, вуглеволоконисті сорбенти для лікування отруєнь; очищувальні фільтри для крові та лімфи; антибактеріальні аплікації для лікування ран та опіків; кровоспинні засоби; протирадіонуклідні засоби; прицільні носії ліків; засоби магнітної наногіпертермії; біоактивні кераміки відновлення кісткової тканини для ортопедії, травматології, онкології, офтальмології та стоматології; нанозасоби стимуляції пологової активності та ін. [245, с. 31]. Особливої уваги заслуговують також вітчизняні нанотехнологічні розробки аграрної спрямованості, а саме: «розумні» гідрогелеві субстрати з іммобілізованими біоелементами для вирощування екологічно чистої та високоврожайної рослинної продукції у контрольованих умовах та з регулюванням водних і фізичних властивостей природних ґрунтів. Наголосимо, що штучний ґрунт, створений на основі подібного роду гідрогелів способом просторового зшивання високодисперсних співполімерних гідрогелів, характеризується унікальними і значно поліпшеними, порівняно з відповідними аналогічними розробками, показниками щодо вологоутримування, сорбційної спроможності, термостабільності та біосумісності з паростками рослинних культур [295]. Це

відкриває широкі перспективи для його використання при вирощуванні декоративних та сільськогосподарських рослинних культур.

Звернімо увагу на те, що станом на тепер *ціла низка нанотехнологічних розробок українських учених уже знайшла свою широку ринкову комерціалізацію та практичне впровадження*. Йдеться насамперед про високонаповнені клейові наноконпозиції для ліквідації кавітаційних пошкоджень гідроагрегатів методом «холодного молекулярного зварювання»; медичні препарати «NANOAg/Au» (для лікування гнійнозапальних процесів) та «Коагулокс+» (кровоспинний засіб для загоювання ран у формі гелю, пов'язок та пластиру); біосумісні імпланти на основі гібридних гідрогелів; трансформаторні магнітопроводи; телекомунікаційні системи; біонаноматеріали для медицини; засоби для очищення стічних вод на основі ультрадисперсних фаз гідроксидів заліза; нанокерамічні композити «Синтекістка» для відновлення кісткової тканини після хірургічних втручань; ультразвукову технологію виробництва товарів з наномодифікованого вуглепластика; технології синтезу біонаноматеріалів для медицини та виробництва радіаційно-стійких фотоперетворювачів та багато інших розробок.

Наприклад, тільки у 2023 р. на виробничій базі ТОВ «НВП «ЄНАМІН»» було впроваджено нанорозмірні колоїдні системи, призначені для перенесення через біологічні мембрани та доставки у клітини терапевтично важливих протеїнів стереохімічно жорсткої конусоподібної форми та з низьким рівнем цитотоксичності [218, с. 352]. Своєю чергою, у цьому ж році спеціалісти Інституту проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича у приватній медичній клініці «Добробут» впровадили на практиці виготовлені на основі біоактивної кераміки порошки з високими остеоіндуктивними, антибактеріальними та противірусними характеристиками; а також гранули з модифікованої наноструктурованої біоактивної кераміки, здатні ефективно стимулювати відновлювальні процеси у кістковій тканині після вогнепальних поранень [218, с. 442-443]. Ще один приклад – це ТОВ НВЦ «Енергія», на базі якого фахівцями Інституту молекулярної біології і генетики НАНУ у 2023 р. було впроваджено гідрогелеву плівку, призначену для

лікування ран та опікових ушкоджень шкірних покривів на основі бактерійної наноцелюлози та біоцидного наповнювача з широким спектром антимікробної дії та можливостями трансдермальної доставки лікарських засобів та біологічно активних препаратів [218, с. 445]. Подібні приклади можна продовжувати.

Прикро визнавати, однак доволі вагома і диверсифікована науково-дослідна діяльність українських учених у сфері нанотехнологій *дотепер не увінчалась* значними обсягами комерціалізації результатів ДіР, створенням значної кількості нових робочих місць у високотехнологічному секторі економіки, а також великомасштабним виробництвом імпортозамісної та експорто-орієнтованої продукції, здатним згенерувати потужний соціально-економічний ефект конкурентного розвитку нашої держави у глобальних координатах.

У загальному методологічному руслі реалізації системного підходу у наукових дослідженнях *конкретизуємо головні тенденції розвитку нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України*, що характеризують сучасні кількісні і якісні параметри вітчизняної наноіндустрії. Насамперед слід відзначити український *низький рівень державного і приватного фінансування ДіР даного напрямку, стрімке старіння вітчизняних наукових шкіл, масштабний вплив молодих наукових кадрів за кордон, застаріле технологічне обладнання та значний брак матеріального забезпечення інноваційних процесів*. Так, вже з перших років державної незалежності в Україні сформувався усталений тренд неухильного зниження рівня наукомісткості валового внутрішнього продукту (відношення загальних вартісних обсягів витрат на ДіР за усіма джерелами до ВВП). Звернімось до цифр: якщо у 1990 р. даний показник становив близько 3,1%, то у 2002 р. – лише 1,3%, у 2005 р. – 1,2%, у 2013 р. – 0,7%, у 2017 р. – 0,45%, а у 2022 р. – 0,33% (рис. 3.1). Цілком природно, що подібний рівень витрат на науку практично зводить нанівець виконання нею економічних функцій, оскільки за рівня наукомісткості валового внутрішнього продукту менше 0,9% наука здатна виконувати виключно пізнавальну функцію, а менше 0,4% – соціокультурну [217].

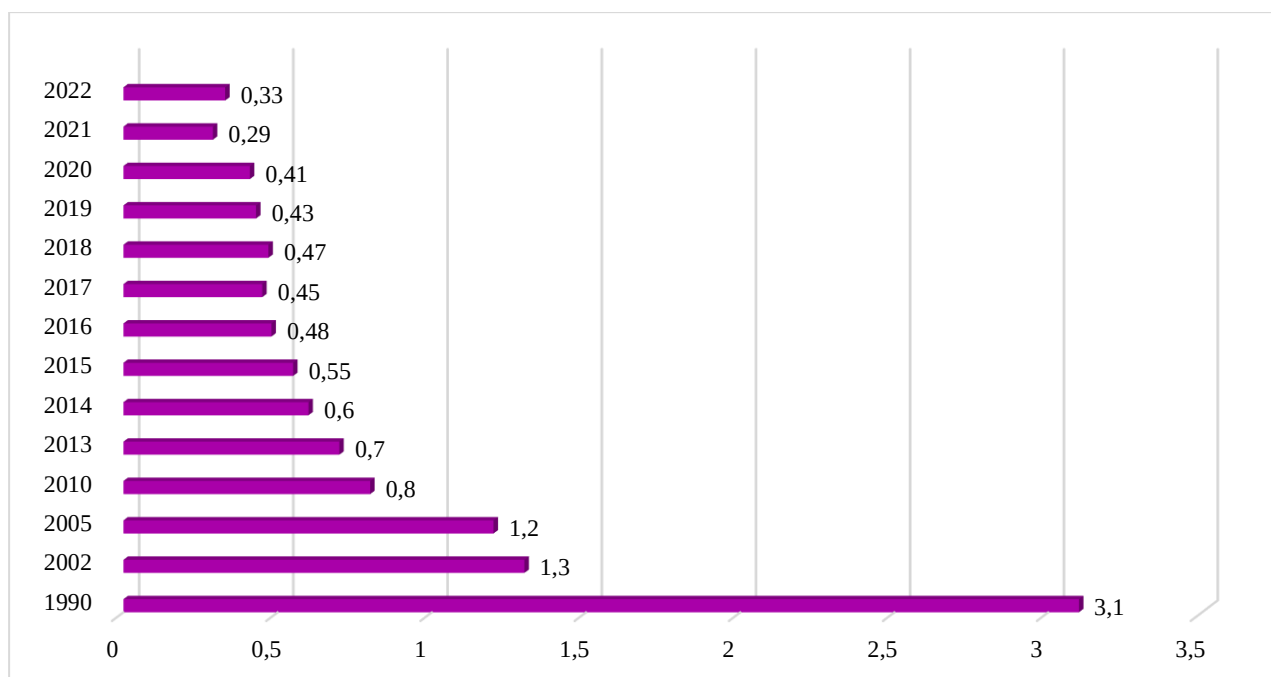


Рис. 3.1. Рівень наукомісткості ВВП України у період 1990-2022 рр., %

Джерело: побудовано автором за даними [211].

Отже, можемо констатувати, що навіть відносні показники фінансування вітчизняних ДіР майже усемеро поступають середньому значенню даного індикатора за групою держав ЄС – 27 (2,3% у 2021 р.) та колишніх партнерів України по «соціалістичному табору» (рис. 3.2). Якщо ж взяти такі країни як Ізраїль (з наукомісткістю ВВП на рівні 5,6% у 2021 р.), Респ. Корея (4,9%), Китай (3,8%), Швеція і США (по 3,4%), Японія (3,3%), Бельгія і Австрія (по 3,2%), Німеччина (3,1%), Фінляндія (3%), Данія (2,8% відповідно) [62], то відставання буде ще більшим.

Інакше кажучи, поле конкурентної боротьби вітчизняних дослідників формує на сьогодні лише група держав, котрі не є продуцентами інноваційних технологій та товарів з високою доданою вартістю, а перебувають на «задвірках» глобального науково-технічного й інноваційного поступу. Що ж стосується абсолютних вартісних обсягів фінансування вітчизняних досліджень і розробок, то, як впливає з даних, поданих у табл. 3.1, вони зросли з 651,9 млн грн. у 1995 р. до 17 млрд у 2020 р. У 2022 р. російсько-українська війна спричинила стрімке зменшення обсягів державного фінансування ДіР до 8,1 млрд грн., що засвідчує українське низьке забезпечення вітчизняної наукової спільноти необхідними ресурсами для

проведення досліджень і розробок. Так, річний бюджет Національної академії наук України зменшився з 238,6 млн дол. США у 2021 р. до 124 млн у 2022 р., а середньомісячна заробітна плата учених – з 454,2 до 274,9 дол. США відповідно [9, с. 6].

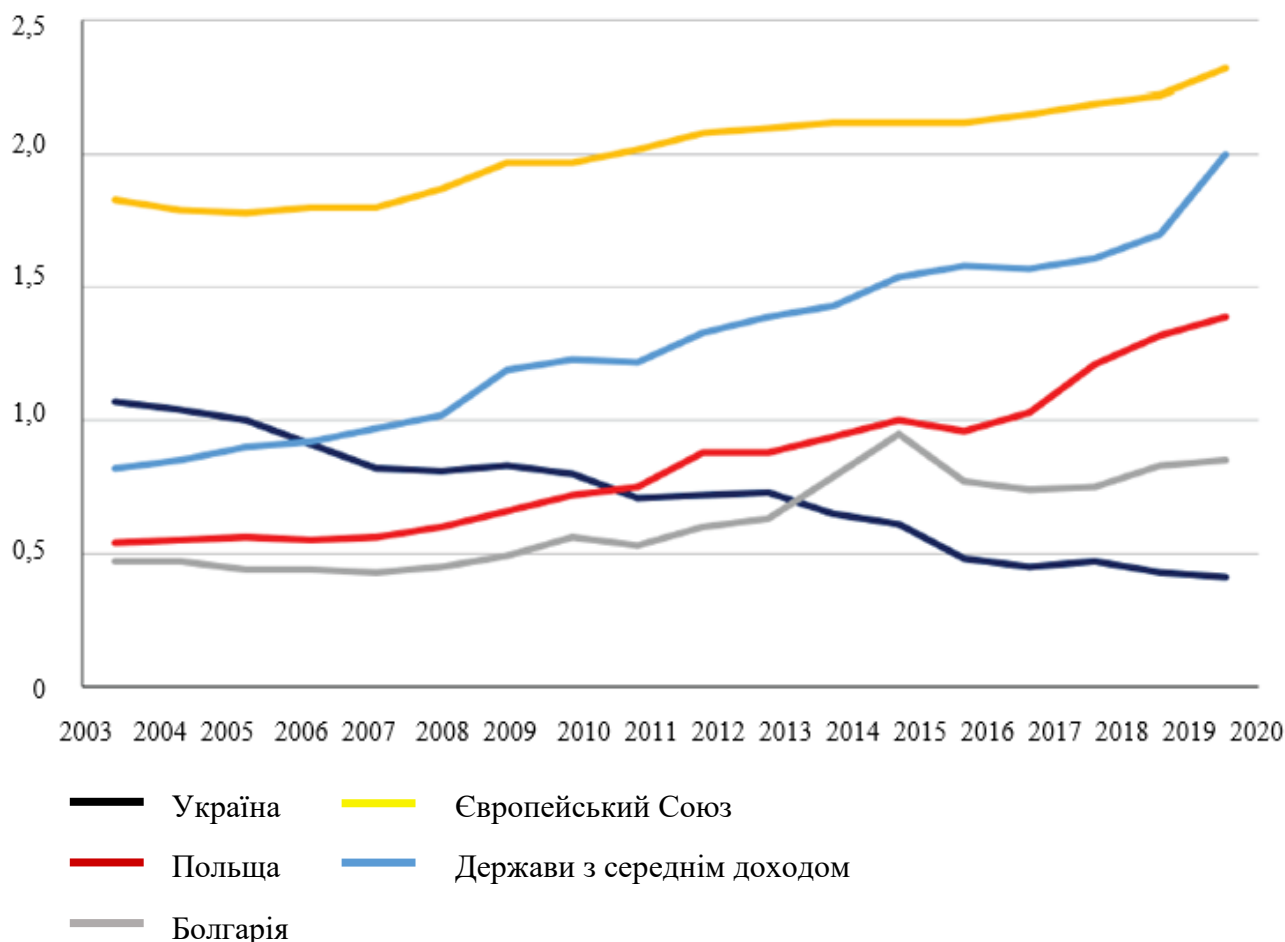


Рис. 3.2. Загальні витрати на ДіР за окремими країнами у 2003-2020 рр., % ВВП

Джерело: побудовано автором за даними [210, с. 427].

І це без урахування припинення фінансування з боку держави цілої низки поточних цільових дослідницьких програм та проєктів, значного скорочення витрат на підтримку науково-дослідної інфраструктури, а також майже повного згортання міжнародного науково-технологічного співробітництва нашої держави та призупинення процесів грантового фінансування вітчизняних ДіР.

Таблиця 3.1

**Вартісні обсяги фінансування ДіР в Україні за окремими джерелами у
1995-2022 рр., млн грн. / % загального підсумку**

Рік	Загальний обсяг витрат на ДіР	У тому числі:							
		Кошти бюджету	Власні кошти	Кошти організацій державного сектору	Кошти організацій підприємницького сектору	Кошти організацій вищої освіти	Кошти приватних некомерційних організацій	Кошти іноземних джерел	Кошти інших джерел
1995	651,9 / 100,0	244,9 / 37,6	14,6 / 2,2	301,9 / 46,3				101,9 / 15,6	3,3 / 0,5
2000	2046,3 / 100,0	614,5 / 30,0	61,3 / 3,0	865,1 / 42,3				477,1 / 23,3	89,1 / 4,4
2005	5160,4 / 100,0	1711,2 / 33,2	338,5 / 6,6	2043,4 / 39,6				1258,0 / 24,4	121,2 / 2,3
2010	8107,1 / 100,0	3647,4 / 44,9	795,6 / 9,8	264,9 / 3,3	1237,7 / 15,3	4,8 / 0,1	9,7 / 0,1	2092,3 / 25,8	54,7 / 0,7
2015	11001,9 / 100,0	3992,2 / 36,3	2783,3 / 25,3	281,6 / 2,6	1713,4 / 15,6	3,7 / 0,0	0,1 / 0,0	2077,6 / 18,9	150,0 / 1,4
2016	11530,7 / 100,0	3910,8 / 33,9	1146,0 / 9,9	361,5 / 3,1	3369,5 / 29,2	7,4 / 0,7	2,8 / 0,0	2550,3 / 22,1	182,3 / 1,6
2017	13379,3 / 100,0	4896,4 / 36,6	1340,8 / 10,0	718,7 / 5,4	3007,8 / 22,5	8,9 / 0,1	2,8 / 0,2	3262,8 / 24,4	141,1 / 1,1
2018	16773,7 / 100,0	6222,7 / 37,1	1610,0 / 9,6	1141,6 / 6,8	3947,4 / 23,5	6,7 / 0,0	21,3 / 0,1	3642,6 / 21,7	181,4 / 1,1
2019	17254,6 / 100,0	6724,7 / 39,0	1725,1 / 10,0	798,6 / 4,6	4035,7 / 23,3	3,7 / 0,0	14,7 / 0,0	3856,2 / 22,3	95,9 / 0,6
2020	17022,4 / 100,0	7411,8 / 43,5	2105,5 / 12,4	799,8 / 4,7	2527,8 / 14,8	15,8 / 0,1	10,5 / 0,0	4083,3 / 23,9	68,1 / 0,4
2021	20544,1 / 100,0	10076,3 / 49,0	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.
2022	16972,7 / 100,0	8091,6 / 47,7	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.	д. в.

д. в. – дані відсутні.

Джерело: розраховано і побудовано автором за даними [239, с. 89; 240, с. 81; 241, с. 57; 242, с. 44; 243, с. 72; 244, с. 90; 9, с. 34].

Що стосується *вікової структури вітчизняних науково-дослідних кадрів*, то станом на тепер найчисельнішою групою є учені віком 65 років і старше, частка яких становить 22% загальної кількості дослідників. Далі йдуть групи учених віком від 45 до 54 років (19,2%), від 55 до 64 років (18,4%) та від 40 до 44 років (12,6%). З одного боку, такий розподіл свідчить про доволі високий рівень професійної досвідченості лівової частки українських дослідників, а з другого – про нагальну необхідність омолодження вітчизняних науково-дослідних кадрів з метою збереження ресурсного потенціалу наукових шкіл нашої держави (рис. 3.3).

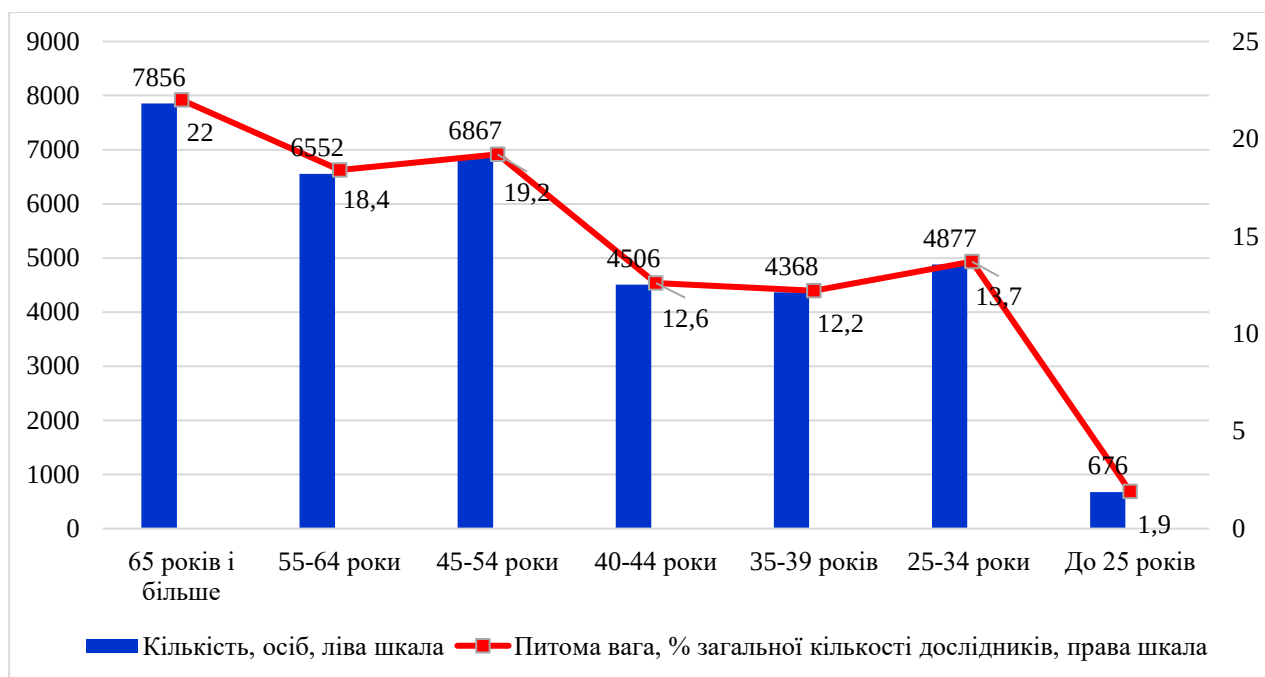


Рис. 3.3. Вікова структура науково-дослідних кадрів України у 2022р., осіб, % загальної кількості

Джерело: побудовано автором за даними [244, с. 22].

Наголосимо, що така вікова структура українських дослідників зберігається на тлі значної їх втрати у зв'язку з агресією російської федерації проти нашої держави. Так, за 2022-2023 рр., згідно даних ЮНЕСКО, з України виїхало в інші країни майже 4,9 тис українських учених [282]. Вже до січня 2024р. 12% вітчизняних науковців та викладачів вищих навчальних закладів емігрували чи переселилися углиб країни; 30% учених працюють у дистанційному режимі; а ще 1518 науковців перебувають нині на бойових чергуваннях. Цілком природно, що це вже призвело до значної втрати вітчизняного науково-технічного потенціалу та цінних інноваційних знань і досвіду.

В аналізі тенденцій розвитку нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України, не можемо не відзначити також *домінування державних джерел фінансування фундаментальної науки на тлі української низької участі приватного сектора у розбудові вітчизняної нашої індустрії*. Достатньо сказати, що питома вага державного фінансування нанотехнологічних досліджень в усі періоди стабільно перевищувала 90% його загальних вартісних обсягів (а загалом за усіма напрямками ДіР – біля 40% (табл. 3.1)). Доцільно зауважити, що дана тенденція засвідчує

практичну відсутність комерційного сегменту вітчизняного ринку нанопродукції та значний брак її промислового виробництва. І це при тому, що усі етапи реалізації Національною академією наук України комплексних програм фундаментальних досліджень нанотехнологічного напрямку характеризувались значним їх державним недофінансуванням.

Характеризуючи домінуючі тенденції розвитку нанотехнологічного сегменту вітчизняної інноваційної системи, слід відзначити також *концентрацію науково-дослідної діяльності українських учених, головним чином, на технологічній модифікації різних матеріалів*, а саме: нанокompозитах, нанотрубках, фулеренах, наночасточках, наномембранах тощо. Так, згідно результатів опитування, проведеного у 2019 р. серед вітчизняних нанокompаній, близько 44% з них виконують ДіР у сфері наноматеріалів. Далі йдуть компанії, котрі проводять дослідження і розробки у сфері нанобіотехнологій (25%), наноприладів та наноосіїв (15%), наноінструментів (10%), інших ДіР нанотехнологічного профілю (2%) [232, с. 117].

Як свідчить вітчизняна господарська практика, *левова частка українських компаній і фірм, котрі розробляють чи впроваджують нанотехнологічні розробки*, за класифікацією видів економічної діяльності *репрезентують, головним чином, заклади вищої освіти та інституції, що спеціалізуються на проведенні ДіР у галузі знань «Природничі науки»*. Ні для кого не секрет, що зазначені організації за своїм спеціалізаційним профілем у жоден спосіб не орієнтуються на серійне виробництво наноматеріалів, а відтак – далеко не поодинокими випадками у нашій державі є *виробництво тих же самих нанопорошків лише дослідними партіями як для власних науково-дослідних потреб організацій, так і за спеціальними замовленнями*. Як результат – за останні два десятиліття в Україні сформувався самопідтримувальний механізм виробництва нанотехнологічної продукції виключно для промислового проміжного (а не кінцевого) споживання, за якого, як відомо, відсутні належні організаційно-економічні та інституційні рушії для впровадження нанотехнологічних розробок у масове виробництво.

Натомість частка компаній переробної промисловості України, котрі розробляють чи впроваджують нанотехнологічні розробки, ще у довоєнний період не перевищувала 10-20% загальної кількості вітчизняних нанотехнологічних підприємств [237, с. 198], а сьогодні є значно меншою. З урахуванням же того факту, що нанотехнологічна діяльність не належить до основного виду економічних операцій зазначених компаній, робимо висновок щодо практичної відсутності у нашій державі спеціалізованих підприємств нанотехнологічного профілю. Разом з тим, заради справедливості зазначимо, що в останні двадцять років у нашій державі все ж таки сформувався сегмент вітчизняних компаній, котрі використовують у виробничих процесах нанотехнології або ж включають до складу виготовленої продукції наноматеріали без акцентування уваги на їх належності до нанотехнологічної індустрії [237, с. 199].

Не слід скидати з рахунків і певну *несистемність* діючих ще у довоєнний період загальнодержавних програм з розвитку нанотехнологічного сегменту вітчизняних ДіР. Йдеться насамперед про їх *тимчасовість і короткостроковість, а також значний брак у таких програмах комплементарності та пролонгуючого характеру* з чітким визначенням стратегічних цілей та напрямів розвитку вітчизняної нанонауки і нанотехнологій. Окрім того, зазначені програми у більшості випадків *не були зорієнтовані на розв'язання конкретних проблем інноваційного розвитку промислового сектору*, оскільки ще на етапі затвердження тематики нанотехнологічних програм і проєктів суттєво бракувало чіткого розуміння потреб майбутніх споживачів нанотоварів. Саме цим обумовлений той факт, що жодною загальнодержавною програмою з розвитку нанотехнологічного сегменту вітчизняних ДіР *не було передбачено комерціалізацію результатів нанотехнологічних досліджень та їх доведення до етапу кінцевого споживання*. Відтак – у рамках реалізації зазначених програм *не забезпечувалась необхідна конвергенція вітчизняної науки та промислового комплексу, вони мали значною мірою формальний характер та не супроводжувались виведенням на ринок вітчизняних нанотехнологічних розробок* [281, с. 136].

Доцільно зауважити, що станом на сьогоднішній день *Україна все ще перебуває на початкових етапах стандартизації нанопродукції та сертифікації діяльності компаній даного сектору* [232, с. 117] з причин українського низького рівня конвергенції вітчизняної та міжнародної систем стандартизації у сфері нанотехнологій та ринку нанопродукції. Так, ще у рамках реалізації Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології і наноматеріали» у 2010-2014 рр. було передбачено заснування в Україні Центру стандартизації нанопорошків і консолідованих наноматеріалів; реалізацію комплексу заходів щодо стандартизації, метрології та сертифікації нанопродукції; створення і координацію діяльності Технічного комітету стандартизації «Нанотехнології»; а також набуття нашою державою членства у технічному комітеті ISO/TC 229 Nanotechnologies [273, с. 49].

Однак, тепер, як впливає з вітчизняної господарської практики, темпи розбудови в Україні національної системи стандартизації і сертифікації нанотехнологій далеко не обнадійливі, особливо з урахуванням глобального прогресу у цій царині (рис. 3.4). Це суттєво обмежує ресурсні можливості нашої держави щодо виробництва та ринкової комерціалізації нанопродукції різного цільового призначення, оптимізації структури її асортиментної лінійки та подальшого удосконалення вітчизняних методик тестування нанотоварів в якості принципово нових об'єктів ринкового обміну.

Важливо зазначити, що нанотехнологічний сегмент науково-технічної діяльності в Україні *вже багато років поспіль потерпає від численних системних проблем*. Більшість з них хоча й існували ще задовго до повномасштабної військової агресії РФ проти нашої держави, однак саме російсько-українська війна багаторазово їх загострила, породивши одночасно якісно нові виклики і загрози. Дещо конкретизуємо їх.

По-перше, слід відзначити глибокі структурні проблеми державної політики у сфері ДіР. Це насамперед брак цілісної загальнодержавної стратегії розвитку вітчизняного науково-дослідного сектору, практична відсутність спадковості державної інноваційної політики, неефективні механізми державної підтримки

інноваційних проєктів, обмежене їх фінансування та відсутність стимулів для приватного інвестування досліджень і розробок, котрі у своїй сукупності обмежують ресурсні можливості реалізації вітчизняного потенціалу у сфері нанотехнологій.

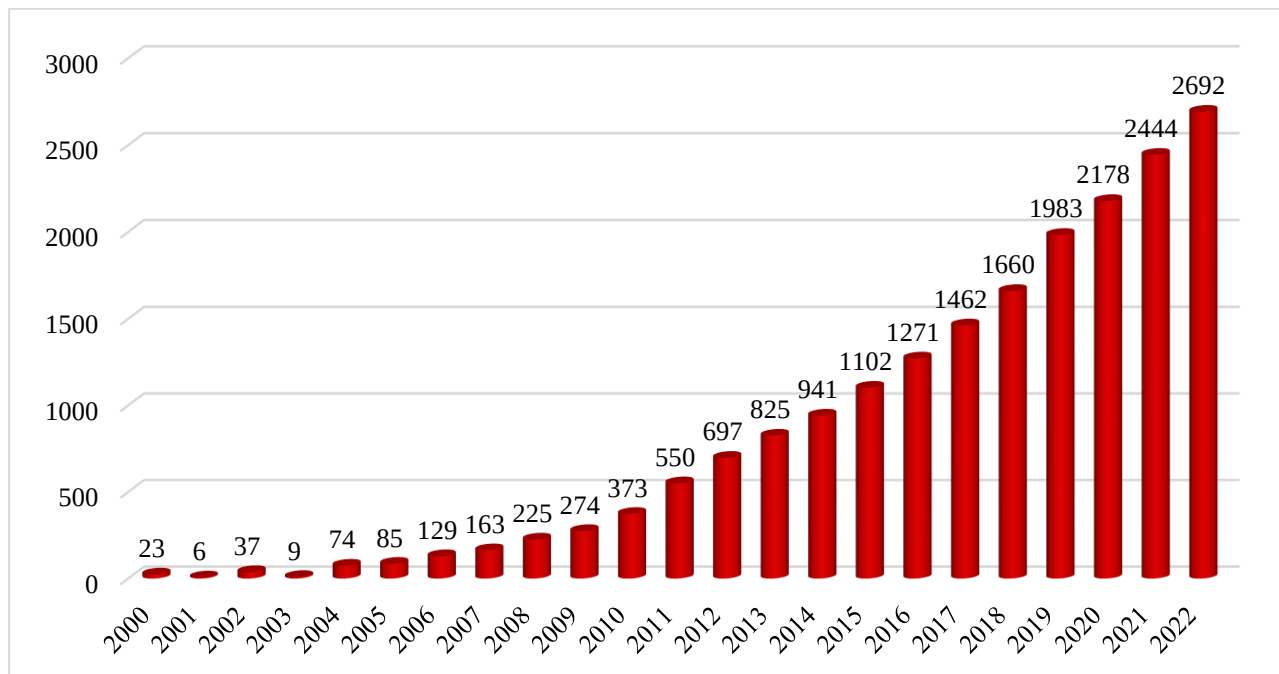


Рис. 3.4. Динаміка кількості чинних національних і міжнародних нанотехнологічних стандартів у 2000-2022 рр.

Джерело: побудовано автором за даними [183].

По-друге, державна політика України у сфері ДіР має доволі суперечливий характер та зазнає потужного негативного впливу відсутності ефективного координування діяльності вітчизняних міністерств та Національної ради з питань розвитку науки і технологій, з одного боку; та «розпорошування» (а почасти і дублювання) регуляторного інструментарію інноваційної політики між Міністерством освіти і науки України, національними академіями наук, Національним фондом досліджень України та іншими виконавчими владними органами. Оскільки вітчизняне МОН відповідає, головним чином, за реалізацію інноваційної політики у сфері підготовки кваліфікованих кадрів, то його здатність формулювати стратегічні цілі та реалізовувати дану політику є доволі обмеженими. Своєю чергою, застаріла модель «галузевої науки» (у рамках якої практично кожне міністерство має у своєму підпорядкуванні наукові інституції чи підрозділи)

значною мірою позбавлена організаційно-економічних та інституційних можливостей щодо генерування якісних досліджень і розробок. Не слід скидати з рахунків й украй низький рівень самоорганізації української наукової спільноти та неефективну модель управління вітчизняними науково-дослідними організаціями, у рамках якої спостерігається доволі хаотичне поєднання ієрархічних та колегіальних управлінських інституцій, а також значний брак чіткого розподілу їх функціональних повноважень, обов'язків та відповідальності.

По-третє, сучасний етап функціонування нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України характеризується також украй неефективними механізмами ринкової комерціалізації інноваційних розробок; низьким рівнем коопераційної взаємодії між вітчизняними науково-дослідними інституціями та підприємницькими і бізнесовими структурами. Йдеться насамперед про низькотехнологічну структуру національної економіки та неготовність вітчизняної промисловості до впровадження нанотехнологічних інновацій, які є головними причинами як обмеженого ринкового попиту на інноваційні розробки з боку вітчизняного бізнесу, так і загалом його низької інноваційної активності. У результаті українські компанії і фірми більшою мірою зорієнтовані на придбання за кордоном вже готових науково-технічних й інженерних рішень, а не їх замовлення у вітчизняних науково-дослідних організацій. У той самий час, навіть за умови появи зацікавленості приватного сектору в інвестуванні вітчизняних ДіР він неодмінно стикається з цілою низкою нормативно-правових, фінансових та організаційно-економічних обмежень у взаємодії з науковими інституціями у статусі бюджетних установ.

По-четверте, чинні на сьогодні управлінські та фінансові механізми вітчизняних досліджень і розробок характеризуються недостатньою зорієнтованістю на задоволення специфічних інноваційних потреб і запитів різних видів ДіР (оборонних, фундаментальних, прикладних, комерційних) та окремих секторів національної економіки. У той час як кожен вид досліджень і розробок потребує залучення унікальних фінансових інструментів, різних груп суб'єктів інноваційних процесів та регуляторного інструментарію, діюча у нашій державі

застаріла система національних академій наук яскраво демонструє свої значні інституційні вади. Так, на сьогоднішній день відчувається значний брак ефективних і транспарентних механізмів забезпечення високих якісних кондицій вітчизняних наукових досліджень, які б передбачали їх фінансування за критеріями результативності та соціально-економічних ефектів, а також наявність базової системи оцінювання ДіР. Натомість упродовж усього періоду державної незалежності України багато вітчизняних наукових конкурсів по суті замінюють інституційне фінансування досліджень і розробок. У результаті на власне науково-дослідні потреби (технологічне обладнання, розхідні матеріали та ін.) іде незначна питома вага державного фінансування ДіР, тоді як решта спрямовується на заробітну плату учених та оплату комунальних послуг самих організацій.

По-п'яте, в Україні вже багато років поспіль спостерігаються значні проблеми з дослідницькою інфраструктурою, яка, будучи в основній своїй масі доволі застарілою, потребує значних фінансових ресурсів на свою технологічну модернізацію. За умов високої фрагментарності даного процесу в останнє десятиліття, браку об'єктивних моніторингових даних щодо стану інфраструктурного забезпечення вітчизняних ДіР, загальнонаціональної стратегії його оновлення, необхідних для цього фінансових ресурсів, а також відсутності ефективних механізмів спільного використання й управління науково-дослідними інфраструктурними потужностями актуалізується питання щодо їх переведення на модель смарт-спеціалізації та розбудови розгалуженої й мережево-організованої цифрової дослідницької інфраструктури.

По-шосте, іманентною для національної сфери ДіР рисою за увесь період незалежного існування нашої держави є також значні проблеми міжнародного науково-технічного співробітництва вітчизняних інституцій та недостатній рівень їх інтеграції у глобальний та європейський дослідницький простір. Йдеться насамперед про низьку результативність використання механізмів стимулювання міжнародного науково-технологічного співробітництва та розбудови інноваційного підприємництва, передбачених Угодою про асоціацію між Україною та Євросоюзом. Так, на сьогоднішній день у нашій державі відсутня національна

стратегія інтернаціоналізації розроблених вітчизняними ученими ДіР із залученням до реалізації вітчизняних інноваційних проєктів зарубіжних дослідницьких фондів та української наукової діаспори у рамках механізмів наукової дипломатії.

Суттєвими гальмуючими чинниками розвитку нанотехнологічного сегмента національної інноваційної системи є також збереження значних бюрократичних і фінансових обмежень в інтернаціоналізації українських ДіР, котрі не тільки відштовхують від даного процесу міжнародних партнерів, але й значною мірою демотивують вітчизняні науково-дослідні установи щодо розбудови міжнародного інноваційного співробітництва та залучення до нього іноземних інфраструктурних потужностей. Так, попри повноцінну асоціацію України з Рамковою програмою Євросоюзу «Горизонт-2020» у період 2016-2020 рр., вона на превеликий жаль так і не змогла належним чином скористатися ресурсними можливостями даної програми. Не тільки уряд нашої держави виявив украй низьку залученість до «Горизонт-2020», надавши надзвичайно мало ресурсів загальнонаціональної мережі контактних пунктів даної програми, але й вітчизняні міністерства не продемонстрували особливої політичної волі щодо вирішення бюрократичних проблем. Цілком природно, що це значною мірою загальмувало процес інтеграції України до Європейського дослідницького простору, хоча сама Єврокомісія звільнила нашу державу від сплати біля 20 млн євро фінансового внеску за її участь у «Горизонт Європа» у 2021 р. та 2022 р. [210, с. 441].

Як результат – подібний стан речей обумовлює доволі низькі рейтингові позиції України у таких глобальних рейтингах результативності інноваційної діяльності як-от: Глобальний індекс інновацій (*англ. – The Global Innovation Index*), Глобальний індекс сталої конкурентоспроможності (*англ. – The Global Sustainable Competitiveness Index*), Глобальний індекс конкурентоспроможності талантів (*англ. – The Global Talent Competitiveness Index*), Зведений інноваційний Індекс (*англ. – Summary Innovation Index*) та Індекс людського розвитку (*англ. – Human Development Index*). Прикро визнавати, однак динаміка рейтингових позицій нашої держави за усіма зазначеними підходами до оцінки ступеня інноваційної

спроможності вітчизняної економіки у період 2015-2022 р. підтверджує доволі низькі її конкурентні позиції (рис. 3.5).

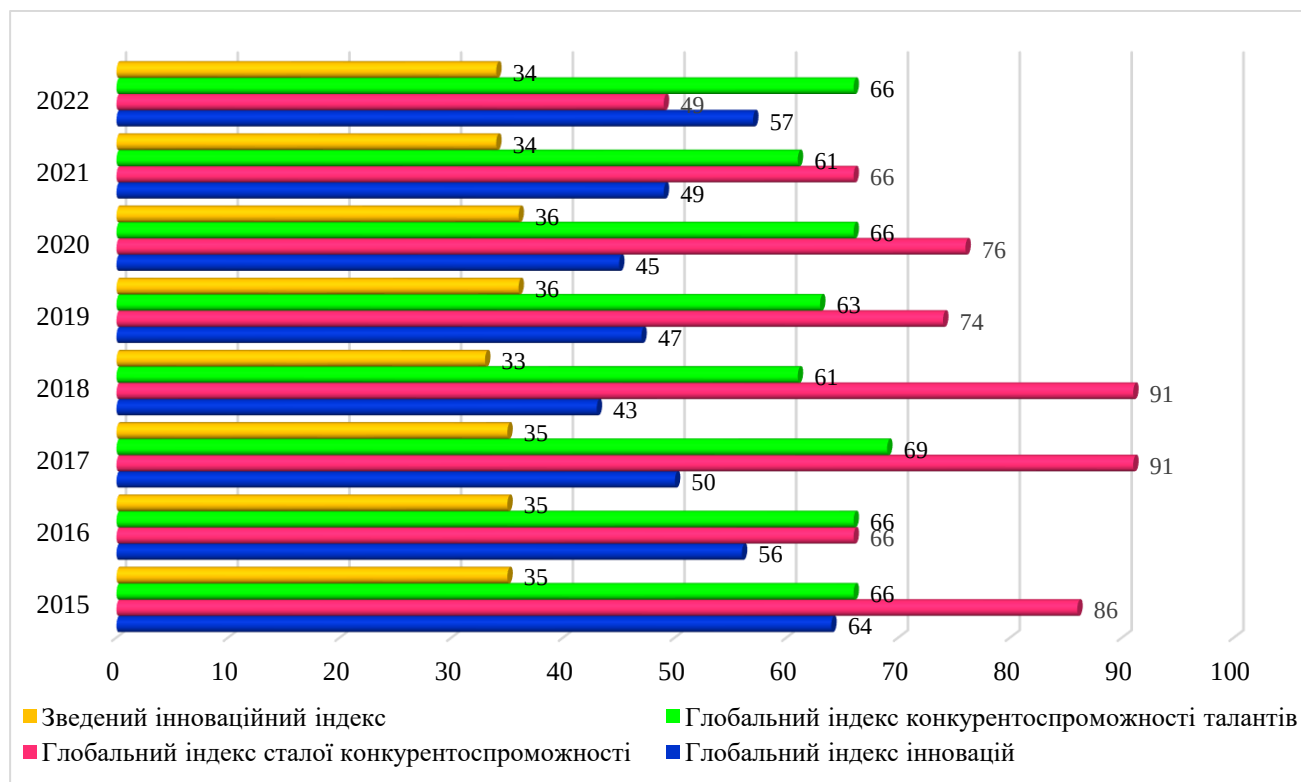


Рис. 3.5. Конкурентні позиції України у ключових глобальних рейтингах результативності інноваційної діяльності у 2015-2022 рр. (місце у відповідних країнових рейтингах)

Джерело: побудовано автором за даними [244, с. 7].

Зокрема, за Глобальним індексом інновацій Україна посіла у 2022 р. 57 місце з-поміж 132 держав світу, 34 місце серед 39 країн Європи та 4 місце з-поміж держав з доходами нижче середнього рівня. При цьому найвищі конкурентні позиції України спостерігаються за такими субіндексами Глобального індексу інновацій як: «Створення знань» (29 позиція у світі у 2022 р.), «Відношення кількості патентів за країною походження до валового внутрішнього продукту» (29 місце), «Відношення корисних моделей за країною походження до валового внутрішнього продукту» (1 місце), «Відношення витрат на комп'ютерне та програмне забезпечення до ВВП» (9 місце) та «відношення експорту ІКТ-послуг до загального обсягу зовнішньої торгівлі» (7 місце відповідно).

Загалом же, у 2022 р. рейтингові позиції України за Глобальним індексом інновацій знизились за 35-ма індикаторами, у тому числі за субіндексами щодо інноваційної діяльності вітчизняного бізнесу; обсягів виробництва й експорту високотехнологічної продукції; рівня продуктивності праці; кількості ISO 9001 та екологічних сертифікатів; правової охорони об'єктів інтелектуальної власності (в першу чергу патентів); імпорту прав інтелектуальної власності [244, с. 10]. Тож хоча зазначені рейтингові позиції України у глобальних рейтингах результативності інноваційної діяльності свідчать про володіння нашою державою доволі розвинутим науково-технічним й освітнім потенціалом як основою для проведення фундаментальних нанотехнологічних досліджень, однак вони ж демонструють наявність у вітчизняної економіки цілої низки глибоких структурних проблем, про які говорилося вище.

Узагальнюючи вищенаведене, слід відзначити, що попри перетворення в останні десятиліття нанотехнологій у провідний науково-технологічний пріоритет глобального інноваційного поступу, дотепер нанопродукція все ще не набула значного поширення в Україні. У контексті успішного подолання науково-технічного відставання нашої держави у сфері розвитку нанотехнологічного сегменту вітчизняного інноваційного ринку та нарощування масштабів виробництва нових наноматеріалів значною мірою актуалізується питання як щодо забезпечення глибокої конвергенції фундаментальних і прикладних ДіР нанотехнологічного профілю, так й організаційно-економічної та інституційної підготовки вітчизняних суб'єктів господарювання до впровадження нанотехнологій у своїх виробничій діяльності.

3.2. Ключові напрями повоєнної інтеграції України у глобальний ринок нанотехнологій

Широкомасштабна військова агресія російської федерації проти нашої держави, яка розпочалась 24 лютого 2024 р., зруйнувавши сформовану після Другої світової війни систему глобальної безпеки, спричинила воістину тектонічні

структурні зрушення у системі міжнародних відносин та світовому геополітичному і геоекономічному просторі. На тлі зухвалого ядерного шантажу міжнародної спільноти та повної зневаги з боку росії до принципів непорушності державних кордонів і поваги до державного суверенітету України, наша держава на превеликий жаль щодня зазнає також величезних людських втрат і матеріальних збитків у формі руйнування вітчизняного промислового, транспортного й енергетичного комплексів, житлових будівель та об’єктів соціальної інфраструктури, безпрецедентного знищення родючих ґрунтів, лісів та унікальних природних екосистем.

При цьому однією з найбільш постраждалих від військової агресії нашого ворога є вітчизняна наукова інфраструктура, яка станом на березень 2024 р. зазнала прямих задокументованих втрат на суму майже 1,3 млрд дол. США (у тому числі 980,5 млн матеріальних збитків університетських установ (табл. 3.2), на які припадає 52% ДіР державного сектору [9, с. 6]).

Таблиця 3.2

Вартість пошкоджених та зруйнованих об’єктів наукової інфраструктури в Україні за окремими типами закладів у 2022-2023 рр., млн дол. США

Тип закладу	Залишкова вартість об’єктів наукової інфраструктури	Ринкова вартість об’єктів наукової інфраструктури	Орієнтовні витрати на відновлення об’єктів наукової інфраструктури
Національна академія наук України	...	...	42,5
Галузеві академії наук	46,7	42,5	48,8
Міністерства	103,5	22,5	143,0
Університети	637,6	664,4	980,5

Джерело: побудовано автором за даними [9, с. 11].

Достатньо сказати, що упродовж 2022-2023 рр., згідно даних ЮНЕСКО, в Україні було виведено з ладу або повністю знищено понад 750 одиниць науково-технічного обладнання, використовуваного у широкому спектрі дослідницької діяльності [9, с. 11]. Одночасно було пошкоджено чи повністю зруйновано 1443

будівлі 177 наукових установ [9, с. 5] (без урахування 188 об'єктів інженерної інфраструктури ДіР) з найбільшими руйнуваннями у Харківській області¹⁰. Йдеться насамперед про втрату лабораторних комплексів, експериментальних майданчиків, наукових центрів та закладів вищої освіти, а також наукових галузевих кластерів фізико-технічних, хіміко-технологічних та біологічних наук. В якості прикладу наведемо, зокрема, Інститут проблем безпеки атомних електростанцій (який втратив наукового обладнання на загальну суму 18,5 млн дол. США); Інститут монокристалів, у якого було зруйновано 21 експериментальний комплекс з вартістю активів у 7 млн дол. США [9, с. 15]; а також пошкодження будівлі Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут», на території якого (згідно даних Державної інспекції ядерного регулювання України) розміщений атомний реактор «Джерело нейтронів» [210, с. 439]. Це вже призвело до значного зменшення вітчизняних ресурсних можливостей щодо проведення ДіР та розроблення інноваційних технологій за пріоритетними напрямками глобального науково-технологічного прогресу, а також паралізувало роботу багатьох наукових колективів нашої держави.

Якщо говорити конкретними цифрами, то тільки відновлення будівлі Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого потребуватиме фінансування на суму близько 120 млн дол. США; а відновлення і заміна втраченого науково-дослідного обладнання – понад 45 млн [282]. Згідно ж оцінок експертів ЮНЕСКО, заміна пошкодженого та знищеного наукового обладнання українських університетів буде коштувати щонайменше 16,5 млн дол. США; а загальна кошторисна вартість відновлення нерухомого майна вітчизняних науково-дослідних інститутів, котрі належать до складу галузевих академій наук і міністерств, становить майже 192 млн [9, с. 11].

Між тим, попри колосальні матеріальні втрати України від збройної агресії російської федерації, саме сьогодні, на нашу думку, закладається міцна основа як системної структурної трансформації національного науково-дослідного сектору

¹⁰ Примітка.

Стільки ж само будівель перебуває нині на тимчасово окупованих рф територіях України.

нашої держави¹¹, так і розбудови високоефективних каналів внутрішньокраїнового та транскордонного спіловеру знань та технологій. Йдеться насамперед про переведення національної інноваційної системи на сталу модель суспільного відтворення насамперед на основі її стратегічної конвергенції з міжнародними науковими системами і внутрішніми бізнес-процесами, а також глибокого інтегрування наукового та інноваційного потенціалів нашої держави. Більше того, саме у період повоєнної відбудови для вітчизняної економіки відкривається широке «вікно можливостей» позбутись нарешті застарілого промислового комплексу та надмірно обтяженого радянською спадщиною науково-дослідного сектору з їх у край слабкими інституційними зв'язками між наукою, освітою і бізнес-діяльністю, недовірою між усіма групами стейкхолдерів інноваційних процесів, низьким рівнем державної інноваційної спроможності та відсутністю узгодженої загальнонаціональної стратегії інноваційного розвитку України у глобальних координатах.

Отже – повоєнна відбудова економіки нашої держави має стати періодом як формування принципово нової її структури у руслі провідних глобальних трендів зеленої та цифрової трансформації, так і докорінної модернізації усієї сукупності функціонуючих в Україні ринкових інститутів. Маємо на увазі перетворення науки, технологій та інновацій у наріжний камінь національної стратегії повоєнної відбудови національної економіки [210, с. 424] на основі форсування проривних інноваційних ідей та концентрації наявних ресурсних можливостей на проривних ДіР. Останні мають бути здатними забезпечити масштабний випуск конкурентоспроможної на світових ринках продукції, згенерувати найвищий економічний ефект, а також акселерувати динаміку макроекономічного зростання та відновлення вітчизняної інфраструктури. У даному контексті прикметно відзначити, що згідно результатів проведеного Інститутом економічних досліджень та політичних консультацій у квітні 2023р. дванадцятого щомісячного опитування українських компаній, навіть за нинішніх, надзвичайно складних для національної

¹¹ Примітка.

На противагу простій фізичній відбудові пошкодженої вітчизняної дослідницької інфраструктури.

економіки умов воєнного стану та докорінної переорієнтації пріоритетів вітчизняного бізнесу на користь простого виживання, 23% респондентів в якості стратегічної премієності своєї фінансово-господарської діяльності називають системне впровадження технологічно нових і / або технологічно удосконалених продуктів та виробничих процесів [199].

Водночас 46% компаній відзначають актуальність інновацій для окремих сфер своєї діяльності, а для третини респондентів вони взагалі неактуальні. При цьому станом на квітень 2023 р. лише 3% українських підприємств в якості перешкод для нарощування обсягів власного виробництва та підвищення його конкурентоспроможності назвали застарілі технології [199], що є найнижчим показником за понад двадцятип'ятирічний період проведення Інститутом економічних досліджень та політичних консультацій відповідних досліджень (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Застарілі технології як перешкода для нарощування українськими компаніями власного виробництва у 2013-2023 рр., % опитаних

Джерело: побудовано автором за даними [199].

Ні в кого на сьогодні не викликає сумніву той факт, що глобалізаційні й євроінтеграційні детермінанти розбудови нанотехнологічного сектору економіки

України висувають перед нашою державою принципово нові вимоги, пов'язані з його докорінною модернізацією та переведенням вітчизняної інноваційної системи у повоєнний період на якісно вищий щабель розвитку. Досягнення цієї стратегічної мети поряд з реалізацією системи внутрішніх мобілізаційних заходів передбачає також імплементацію цілої низки *організаційно-інституційних, інвестиційно-фінансових, податково-адміністративних, інформаційних, освітніх та міжнародних механізмів*, здатних у своїй сукупності суттєво пом'якшити глибоке відставання України від глобальних лідерів за одним з проривних напрямів світового науково-технічного прогресу, забезпечити масштабне впровадження у національну економіку піонерних нанотехнологій та суттєво підвищити рівень її інноваційної продуктивності.

Так, відправним пунктом повоєнної розбудови вітчизняного нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України має стати *комплекс організаційно-інституційних заходів*. У своїй сукупності вони спрямовані на системну розбудову інституційної інфраструктури вітчизняної наноіндустрії та належне унормування організаційних засад їх функціонування. Йдеться насамперед про форми і права промислової власності; нормативно-правові й організаційно-економічні засади формування кластерів, різного роду колаборацій та робочих груп у сфері наноіндустрії; положення щодо збереження конфіденційності нанотехнологічної інформації; підготовки й реалізації міжнародних інвестиційних проєктів з розроблення нанотехнологій, випуску та їх основі нанотоварів та надання нанопослуг тощо. Таким чином, *організаційно-інституційні заходи передбачають реалізацію цілої низки інструментів, а саме:*

- підтримку нанотехнологічних стартапів через потужну мережу національних технологічних інкубаторів, пов'язаних з мережами європейських і міжнародних інкубаторів, акселераторів, клієнтів, постачальників і фінансистів, залученням при цьому промислових технологій та докорінною модернізацією українських науково-дослідних програм у сфері нанотехнологій;

- поглиблення коопераційної взаємодії українських університетів з нанотехнологічними інкубаторами, за якої останні отримують певний процент

акціонерного капіталу від кожного стартапу, а фінансування такого співробітництва забезпечується коштами державних грантів, внесками від державних і приватних організацій та різного роду національними і локальними організаціями економічного розвитку;

- поглиблення співпраці нанотехнологічних інкубаторів з корпоративним сектором та інтеграцію нанотехнологічних стартапів у господарську діяльність бізнес-структур з метою пришвидшення темпів впровадження нанотехнологій та стимулювання процесу їх інтеграції у принципово нові види продуктів і послуг;

- розбудову національної інноваційної екосистеми України на основі поглиблення співробітництва між державними науково-дослідними установами та приватними компаніями;

- формування загальнонаціональної мережі стартап-фондів для розвитку нанотехнологій та їх співпрацю з міжнародними організаціями. Наприклад, заснований у 2019 р. Український фонд стартапів є на сьогодні головним урядовим агентством-виконавцем, який допомагає вітчизняним інноваційним проєктам та технологічним стартапам залучати фінансування на ранніх етапах. Завдяки його активній співпраці з Групою Світового банку він реалізує на сьогодні дві грантові програми для розвитку стартапів (до 25 тис дол. США достартового (посівного) та до 50 тис дол. стартового фінансування [151]), передану американським компаніям акселераційну програму та інноваційну ваучерну програму, яка фінансує участь вітчизняних стартапів у міжнародних конференціях. Зокрема, лише за 2023 р. Український фонд стартапів надав грантове фінансування проєктів подвійного призначення в оборонній сфері, охороні здоров'я, освіті, кібербезпеці, інфраструктурі та реконструкції, а також організував у партнерстві з Міністерством цифрової трансформації України «хакатон дронів» для підвищення рівня обороноздатності нашої держави [151];

- створення в Україні спільних із зарубіжними партнерами докторських шкіл, які разом з вітчизняними дослідницькими мережами можуть стати міцним фундаментом розбудови у нашій державі Центрів передових досліджень як спільних лабораторій європейських та українських інституцій, заснованих на базі

найбільш конкурентних і результативних науково-дослідних колективів та мереж;

- поетапну трансформацію чинної організаційної структури вітчизняної системи наукових досліджень у бік формування на базі найпотужніших науково-дослідних колективів національних академій наук двох менших за розміром дослідницьких товариств (чи академій), об'єднаних «парасольковою» управлінською структурою, взаємно афілійованих з університетами та залучених до реалізації аспірантських і докторських програм вітчизняних закладів вищої освіти. У той час як перше товариство має об'єднати у своїх лавах науково-дослідні групи, що спеціалізуються на проведенні фундаментальних досліджень; то друге – творчі колективи, котрі займаються прикладними дослідженнями у тісній колаборації з донорськими організаціями та представниками приватного сектору [210, с. 450].

Розбудова в Україні розвинутого наноіндустріального сегменту національної інноваційної системи є неможливою без реалізації комплексу *інвестиційно-фінансових заходів*, спрямованих на диверсифікацію джерел фінансування нанотехнологічних ДіР. Це передбачає реалізацію системи інструментів щодо:

- запровадження системи тимчасової індивідуальної фінансової підтримки українських учених нанотехнологічного напрямку (у формі стипендій) з боку українського уряду спільно з міжнародними партнерами, базованої на критеріях їх професійних заслуг, з метою утримання професіоналів у нинішніх сферах їх науково-дослідної діяльності. Зазначені критерії кількісної оцінки результативності науково-дослідної діяльності мають бути адаптовані до секторальної специфіки ДіР, а самі стипендії можуть надаватись на період від 1 до 2 років з можливістю їх подальшої пролонгації. За оцінками вітчизняних експертів, загальний вартісний обсяг подібного роду стипендіального фонду для українських науковців усіх напрямів досліджень становить близько 34,8 млн євро [210, с. 443]. Тож зазначені стипендіати можуть сформувати потужний кадровий ресурс вітчизняних нанотехнологічних досліджень;

- надання фінансової підтримки різнорівневим дослідницьким мережам та партнерствам (між українськими дослідниками; між вітчизняними та зарубіжними

ученими; між дослідниками, представниками бізнес-спільноти та органами місцевого самоврядування) в якості інституційних майданчиків обміну науково-технічною інформацією, проведення різного роду онлайн-ових та гібридних воркшопів та семінарів, а також інтеграції вітчизняних науково-дослідних колективів у діючі дослідницькі проєкти (у тому числі на основі аутсорсингових механізмів);

- надання Національним фондом досліджень України адресного грантового фінансування конкретним нанотехнологічним проєктам, реалізовуваним бізнес-структурами, громадськими організаціями та органами місцевого самоврядування, котрі у післявоєнний період можуть бути трансформовані в інструменти співфінансування з підтримки смарт-спеціалізації українських регіонів;

- забезпечення конкурентного фінансування нанотехнологічних проєктів через інституційний майданчик Національного фонду досліджень України як провідний канал фінансової підтримки передових наукових проєктів, вітчизняної наукової школи нанотехнологій та української наукової молоді. Згідно оцінок вітчизняних експертів, сукупний річний обсяг фінансування на зазначені цілі становить близько 25 млн євро з початковим зобов'язанням їх реалізації упродовж дворічного періоду часу [210, с. 443];

- реформування структури Національної академії наук України на основі диференціації чинної структури організації та фінансування досліджень на фундаментальні, прикладні та оборонні, з огляду на існування принципово різних механізмів їх фінансової підтримки та критеріїв оцінки результативності науково-дослідних робіт;

- нарощування масштабів іноземного інвестування вітчизняної наноіндустрії на основі запровадження інструментів її пільгового кредитування та страхування (низьких процентних ставок за кредитами, відстрочки кредитних платежів, пільгового страхового тарифу захисту майна іноземних інвесторів, державних субсидій експортерам нанотехнологічної продукції, державного гарантування прав власності та ін.);

- фінансового забезпечення участі українських дослідників і науково-дослідних організацій у реалізації великих міжнародних нанотехнологічних проєктів у партнерстві із зарубіжними учасниками; міжнародних науково-технічних і фінансових організаціях у сфері нанотехнологій на основі оплати членських внесків та організаційних внесків у їх статутні капітали, а також фінансової підтримки участі у міжнародних виставках нанотехнологій;

- проєктного фінансування у сфері нанотехнологій (насамперед при реалізації великомасштабних нанотехнологічних інвестиційних програм), за якого мотивація інвесторів щодо їх фінансової підтримки пов'язана, головним чином, з породжуваними ними вхідними фінансовими потоками в якості джерела повернення вкладеного капіталу. За таких умов надходження грошових коштів від реалізації нанотехнологічних проєктів має бути своєчасним та забезпечувати повне покриття усіх виробничих витрат та боргових зобов'язань в силу цільового і довгострокового характеру умов фінансування, високого рівня ризиків нанотехнологічних інновацій та відкладеного у часі прибутку;

- запровадження механізму фінансування нанотехнологічних досліджень за результатами з урахуванням їх стратегічної важливості для нарощування конкурентних позицій українських товаровиробників на глобальних ринках. Це передбачає не тільки створення у нашій державі транспарентної системи оцінки результативності ДіР з урахуванням найкращих міжнародних практик у цій сфері, але й делегування даної функції Офісу оцінювання (у статусі спеціальної незалежної установи) та оцифрування даного процесу як запоруки зниження його трудомісткості та підвищення рівня прозорості;

- залучення фінансування європейських структурних фондів у відбудову вітчизняної науково-дослідної інфраструктури у період кандидатства України на вступ до ЄС. Доречно відзначити, що даний інструмент активно застосовувався у свій час Польщею, яка у період 2007-2013 рр. змогла за рахунок коштів європейських структурних фондів покрити понад 50% своїх валових внутрішніх витрат на ДіР. Своєю чергою, у період 2014-2020 рр. ця держава у рамках реалізації операційної програми «Розумне зростання» [170] змогла залучити 10,5 млрд євро

фінансування, з яких 8 млрд було спрямовано на фінансування науково-дослідної діяльності [210, с. 452];

- фінансування зовнішньої торгівлі нанотехнологіями та нанопродуктами на основі використання інструментів форфейтингу та міжнародного лізингу високотехнологічного обладнання;

- розбудови багаторівневої системи фінансування для різних типів досліджень, рівнів технологічної готовності (TRL) та дослідників різних професійних рівнів та ін. [151].

Характеризуючи механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи, не можна оминати увагою апробований у міжнародній практиці її *податково-адміністративний інструментарій*. Він включає, в першу чергу:

- пільгове оподаткування нанотехнологічних компаній і фірм у формі надання податкових преференцій, зниження ставки податку на корпоративний прибуток від реалізації нанопродукції та податку на майно;

- пільгові митні режими із застосуванням зниженої ставки імпортного мита при поставках технологічного обладнання для проведення нанотехнологічних досліджень;

- застосування кількісних обмежень, розподіл квот і ліцензій, експортний контроль відносно товарів, котрі містять нанотехнології та ін.

Розбудова в Україні розвинутого нанотехнологічного сегменту вітчизняної інноваційної системи є неможливою без реалізації *комплексу інформаційних заходів*. Вони мають бути спрямовані на забезпечення всебічної інформаційної підтримки вітчизняних підприємств наноіндустрії у реалізації ними проєктів і програм науково-технічного й інноваційного співробітництва з національними і зарубіжними партнерами. Це передбачає насамперед формування в Україні загальнонаціональної інформаційної бази даних про вітчизняні нанотехнологічні компанії і фірми з повним описанням видів їх діяльності, а також включенням доповідей, публікацій, навчальних посібників, експозицій, презентацій результатів нанотехнологічних ДіР, лекцій, семінарів, спільних еталонних проєктів та моделей,

результатів дослідів та випробувань як основи для створення нових продуктів тощо. Подібного роду інформаційна база має функціонувати на кшталт своєрідної «промислової Вікіпедії» [151], яка забезпечуватиме як усунення існуючих транскордонних бар'єрів в інформуванні світової бізнес-спільноти про результати вітчизняних нанотехнологічних ДіР, так і сприятиме залученню фінансування нових стартапів.

Важливе місце в інформаційних заходах розбудови нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України посідає також *державна підтримка їх участі у спеціалізованих конференціях, виставках, форумах, ярмарках, самітах та інших подібно роду заходах з нанотехнологічної тематики*. З урахуванням достатньо високої вартості участі у міжнародних виставках нанотехнологій¹² українські дослідники і нанотехнологічні компанії потребують відповідної фінансової підтримки, джерелами якої можуть бути кошти міжнародних організацій і фондів, національних організацій і державних структур.

Маємо зазначити, що в Україні з 2012 р. проводиться щорічна міжнародна конференція «Нанотехнології та наноматеріали» (НАНО) з метою стимулювання міжнародних наукових контактів і дискусій українських учених. Зокрема, проведення даної конференції у період 2012-2023 рр. разом з міжнародними літніми школами дало змогу молодим ученим нашої держави не тільки ознайомитись з новітніми фундаментальними і прикладними розробками у сфері нанотехнологій, але й налагодити міжнародні науково-дослідні контакти, долучившись до реалізації інтернаціональних програм і дослідницьких проєктів. Так, тільки у 2023 р. у даному заході (організованому в одинадцятий раз у гібридному форматі¹³) взяли участь близько 650 представників наукових та

¹² Примітка.

Наприклад за участь у щорічній виставці «Nanotech Europe» учасники мають сплатити в середньому від 650 до 1,2 тис. дол. США.

¹³ Примітка.

Організаторами заходу у 2023 р. стали Інститут фізики НАН України (м. Київ, Україна), Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів, Україна), Туринський університет (Італія), Університет П'єра та Марії Кюрі (Франція) та Тартуський університет (Естонія). Учасники конференції мали можливість ознайомитись з останніми досягненнями у сфері фізико-хімічного наноматеріалознавства; нанобіотехнологій для охорони здоров'я; нанорозмірної фізики; нанокомпозитів та наноматеріалів; мікроскопії нанооб'єктів; наноструктурованих поверхонь; нанооптики та нанофотоніки; наноплазмоніки та поверхнево-розширеної спектроскопії; нанохімії та нанобіотехнології.

академічних кіл з понад 30 країн світу, котрі мали можливість ознайомитись з унікальною інформацією щодо останніх досягнень у сфері нанотехнологій [1].

Що ж стосується глобальних координат, то з року в рік неухильно збільшується кількість різного роду виставкових заходів, присвячених нанопродуктам та нанотехнологіям, а також поповнюються лави держав, де вони проводяться. Достатньо сказати, що перелік виставкових держав налічує на сьогодні понад два десятки країн, до яких належать, зокрема, США, Німеччина, Франція, Іспанія, Саудівська Аравія, Швейцарія, Фінляндія, Великобританія, Сінгапур, Ізраїль, Індія, Італія, Китай, Респ. Корея та ін. Найбільшими ж міжнародними форумами з нанотехнологічної проблематики, котрі збирають на своїй інституційній платформі найбільшу кількість міжнародних учасників, є на сьогодні «Nanotech» (Японія), «NSTI Nanotech» (Сполучені Штати Америки) та «Nanotech Europe» (Фінляндія, Німеччина) тощо, котрі у своїй сукупності сформували в останні роки потужний інституційний майданчик об'єднання представників інноваційної промисловості та найталановитіших дослідників нанотехнологічного профілю з усього світу, обміну інформацією щодо останніх наукових досягнень та світових трендів у цій сфері, а також активного залучення світової бізнес-спільноти до розбудови нанотехнологічного сегменту глобального ринку.

Звернімо увагу на те, що формати міжнародного інформаційного співробітництва України у сфері нанотехнологій в якості обов'язкового компонента мають включати також тісну взаємодію нашої держави з національними урядами зарубіжних країн та міжнародними організаціями, наділеними функціональними повноваженнями у сфері забезпечення інформаційної безпеки і забезпечення обміну інформаційними даними у сфері нанотехнологій¹⁴. Подібного роду взаємодія має охоплювати такі напрями як-от:

¹⁴ Примітка.

Йдеться насамперед про такі організації як: ООН, Міжнародна асоціація соціальної безпеки (англ. – *International Social Security Association – ISSA*), Міжнародна спілка електрозв'язку (англ. – *International Telecommunication Union – ITU*) та ін.

- реалізація міжнародних науково-дослідних проєктів з розвитку нанотехнологій;
- розбудова глобальної системи інформаційної безпеки в частині недопущення поширення експериментальної інформації щодо можливостей використання нанотехнологій у терористичних цілях, а також несанкціонованої інформації про нанотовари і нанопослуги;
- сприяння широкому обміну інформацією про переваги та загрози застосування нанотехнологій та споживання нанопродукції;
- отримання доступу до нових інформаційно-комунікаційних технологій та технологій інформаційного захисту, розроблених зарубіжними партнерами;
- захист прав інтелектуальної власності українських розробників нанотехнологій через укладення відповідних протоколів в рамках міждержавних угод про науково-технічне співробітництво та ін.

Далі перейдемо до *освітнього компонента* розбудови нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України. Як свідчить міжнародна практика, в усьому світі на сьогодні спостерігається гострий брак кваліфікованих спеціалістів і дослідників нанотехнологічного профілю в силу відносно нещодавнього зародження даного напрямку ДіР. Відтак – підготовка кадрового корпусу для вітчизняної наноіндустрії може розглядатись в якості особливої сфери освітньої діяльності закладів вищої освіти, у функціонування якої має бути залучений увесь доступний арсенал методів, методик та інструментів. Йдеться насамперед про *розроблення і впровадження навчальних планів* за такими украї необхідними на сьогодні дисциплінами як: економіка наноіндустрії, управління й маркетинг в наноіндустрії та ін.

Окрім того, потужні драйвери розбудови нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України закладені також у поглибленні партнерського співробітництва вітчизняних університетів з органами місцевого самоврядування та промисловим сектором. Як свідчить світовий досвід, воно забезпечує не тільки нарощування обсягів фінансування ДіР, але й надання студентам широких можливостей для стажування, кар'єрного зростання та тестування інноваційних

розробок. За таких умов українські заклади вищої освіти мають надавати інструменти наставництва та професійного розвитку для студентського контингенту, активно підтримувати професорсько-викладацький корпус, забезпечувати фінансування викладачів для проведення ними ДіР та формувати міждисциплінарні спільноти [151]. Водночас їх об'єднання в університетські мережі дасть змогу справляти ефективний вплив на політику Міністерства освіти і науки України.

У підготовці кадрового корпусу для вітчизняної наноіндустрії важко переоцінити значення міжнародного міжуніверситетського співробітництва вітчизняних і зарубіжних закладів вищої освіти на основі:

- спільної реалізації ними освітньо-професійних програм підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації професійних кадрів для наноіндустрії з можливостями видачі випускникам подвійних дипломів;
- залучення до викладання в українських університетах іноземних викладачів та практиків, зайнятих у сфері нанотехнологій;
- спільної публікаційної діяльності та виконання міжуніверситетських науково-дослідних робіт нанотехнологічного напрямку та ін.

Важливо зазначити, що освітній компонент розбудови в Україні нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи має охоплювати доволі широке коло стейкхолдерів, особливу категорію яких повинні становити вітчизняний професорсько-викладацький корпус, студенти, аспіранти та докторанти. Їх професійні інтереси сконцентровані на питаннях отримання доступу до вітчизняних і зарубіжних інформаційно-освітніх та науково-популярних ресурсів у сфері нанотехнологій та наноматеріалів, а відтак – вагому стимулюючу роль у даному процесі здатен відіграти такий інструмент як *система міжнародних академічних обмінів* (насамперед з європейськими країнами). Останні включають, як відомо, широкий спектр видів (від ступеневої і кредитної мобільності до навчання за програмами академічної мобільності, спільної аспірантури, стажувань студентів і науково-педагогічних кадрів, їх участі у міжнародних освітньо-

наукових проєктах, мовного і наукового стажування), котрі відіграють важливу стимулюючу роль у розбудові глобального освітньо-наукового простору.

Нарешті, *транснаціональні механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки* у своїй основі мають бути спрямовані, на нашу думку, на вирішення усього комплексу економічних суперечностей, що виникають по лінії використання національних ресурсів розвитку наноіндустрії, з одного боку, та глобальним характером присвоєння породжуваної нею технологічної ренти, з другого. Ефективним вирішенням зазначеного протиріччя є, на нашу думку, *інтеграційне підключення української науки до науково-дослідних мереж, сформованих у нанотехнологічному сегменті глобального ринку з максимальним використанням при цьому усіх конкурентних переваг, що їх надають міжнародні платформи відкритої науки та Угода про асоціацію між Україною і ЄС*. Так, ще з 2016 р. наша держава бере активну участь у програмах Європейського Союзу «Horizon 2020» та «Євратом» у статусі асоційованого члена. Зокрема, тільки у період 2014-2020 рр. українські дослідники були залучені до реалізації 230 науково-дослідних проєктів із сукупним запитом на фінансування у розмірі 45,5 млн євро; а їх дослідження у сфері термоядерного синтезу та розщеплення отримали фінансування на суму майже 5 млн євро. Це вивело Україну у топ-7 серед шістнадцяти асоційованих держав за вартісним обсягом отриманого фінансування та кількістю проєктів-переможців [277; 210, с. 428].

Своєю чергою, у травні 2022 р. Верховна Рада України ратифікувала участь нашої держави у Рамковій програмі досліджень та інновацій «Horizon Europe» та проєкті «Євратом» Європейського співтовариства з атомної енергії, що відкриває перед українськими науковцями та інноваторами якісно нові інституційні можливості міжнародного грантового фінансування нанотехнологічних досліджень. Зокрема, Європейська інноваційна рада (ЄІР) запустила програму підтримки українських стартапів у процесі подання ними аплікаційних заявок на участь в акселераторі ЄІР, що відкриває широкі можливості інтеграції вітчизняних дослідників й інноваторів у європейський інноваційний простір. Окрім того, Європейська інноваційна рада дала життя ще одній програмі з розбудови по усій

Європі загалом та в Україні зокрема мережі організацій для підтримки заснованих у нашій державі інноваційних компаній, котрі змушені були переїхати до країн ЄС після початку повномасштабного військового вторгнення рф. Якщо говорити конкретними цифрами, то в рамках даної програми українські інноваційні компанії можуть залучити до 60 тис євро індивідуального грантового фінансування на ДіР та розвиток бізнес-діяльності [151].

Таким чином, ефективна реалізація транснаціональних механізмів повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки пов'язана насамперед з максимальним використання нашою державою усіх доступних їй міжнародних каналів підтримки науково-технологічної сфери, що впливають з Угоди про асоціацію з Європейським Союзом. Йдеться, зокрема, про:

- надання українським дослідникам можливостей безкоштовної публікації статей у журналах, індексованих у міжнародних науко-метричних базах даних;
- спеціальну індивідуальну підтримку вітчизняних учених та надання їм міжнародного грантового фінансування на проведення спільних із зарубіжними партнерами досліджень з можливістю виплати заробітної плати в Україні;
- передачу інститутам Національної академії наук України наукового обладнання, придатного для проведення сучасних нанотехнологічних досліджень, з подальшим його спільним використанням разом з університетами та іншими науково-дослідними інституціями (у тому числі міжнародними);
- відкриття українським університетам та науково-дослідним організаціям вільного віддаленого доступу до об'єктів міжнародної дослідницької інфраструктури (у тому числі обчислювальних ресурсів) та повних текстів статей у журналах, включених до міжнародних науко-метричних баз даних і доступних на сьогодні лише частково;
- надання Україні підтримки щодо входження до європейських наукових консорціумів та діючих у Європейському Союзі програм підтримки інтернаціоналізації науки й існуючої науково-дослідної інфраструктури [151].

Вважаємо, що транснаціональні механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки лежать також у площині органічної

конвергенції державних та ринкових інструментів стимулювання розвитку вітчизняної наноіндустрії з максимальним використанням при цьому його міжнародних каналів. Що стосується державного компонента стимулювання наноіндустрії України, то він має бути спрямований на реалізацію ефективної державної політики у сфері нанотехнологій на національному, секторальному, регіональному і наднаціональному рівнях. Своєю чергою, ринковий компонент має охоплювати конкретні дії суб'єктів господарювання щодо самостійного встановлення вигідних для себе економічних контактів у нанотехнологічній сфері на основі використання інституційних можливостей локальних ринків у рамках як традиційних, так і нетрадиційних форматів економічного співробітництва у цій сфері.

Таким чином, інтеграційне підключення української науки до транснаціональних науково-дослідних мереж передбачає *динамічне нарощування міжнародного виробничого і науково-технічного співробітництва нашої держави у сфері нанотехнологій*. Воно являє собою оформлену контрактними відносинами міжфірмову взаємодію українських та зарубіжних нанотехнологічних компаній з метою збільшення власних виробничих потужностей, підвищення рівня технологічного забезпечення та спільного виходу на нові ринки збуту з одночасним встановленням кількісних параметрів міжкорпоративного розподілу доданої вартості, отриманого прибутку та ризиків бізнес-діяльності [271, с. 46]. Таким чином, у контексті розбудови в Україні нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи найбільш обнадійливі перспективи пов'язані з такими *транснаціональними механізмами виробничого і науково-технічного співробітництва як-от:*

- міжнародна спеціалізація та міжфірмове кооперування виробництва нанопродукції, яке передбачає, з одного боку, предметну спеціалізацію українських і зарубіжних компаній на продукуванні окремих нанотоварів, нанопослуг чи наноінтермедіатів із встановленням на договірній основі довготривалих виробничих зв'язків та органічним поєднанням національних і міжнародних факторів; а з другого – реалізацію альянсних, субконтрактних і

мережевих форматів міжнародного міжфірмового співробітництва, спрямованих на досягнення синергетичного ефекту інноваційних процесів та оптимізацію інтеграційних процесів у цій сфері;

- організація спільного виробництва нанопродукції, за якого міжфірмове співробітництво українських та зарубіжних компаній охоплюватиме усі структурні ланки глобальних нанотехнологічних ланцюгів – від генерування наукових ідей до їх втілення у науково-дослідних зразках, доведення останніх до конкретних промислових продуктів з подальшим їх ринковим збутом та інтегруванням в існуючі технологічні ланцюги;

- спільне будівництво промислових об'єктів наноіндустріального сектору з організацією постачання та монтажу промислового обладнання, а також проведенням проектних, інженерних та інших робіт у сфері розроблення нанотехнологій та виробництва нанопродукції;

- толінгові операції, які передбачають надання з боку міжнародних партнерів українським компаніям наноматеріалів в якості давальницької сировини з метою їх подальшого виробничого перероблення у готову нанопродукцію на території нашої держави та подальшого її вивезення у зарубіжні країни відповідно до чинних митних режимів експорту продуктів переробки;

- аутсорсингові операції, які передбачають проведення українськими ученими і конструкторами нанотехнологічних досліджень і розробок, реалізацію певних бізнес-процесів та спеціалізованих функцій на замовлення зарубіжних багатонаціональних підприємств. За таких умов патенти й охоронні документи на об'єкти інтелектуальної власності хоча й належатимуть іноземним замовникам, однак вітчизняні учені матимуть змогу працювати в Україні, отримуючи при цьому за свою інтелектуальну працю адекватну винагороду. Тож з часом, у міру розбудови у нашій державі інфраструктури венчурного фінансування, Україна зможе позиціонувати себе в якості одного зі світових центрів нанотехнологічних розробок.

Отже, вважаємо, що окреслені вище напрями міжфірмової взаємодії українських та зарубіжних нанотехнологічних компаній доцільно доповнити її *організаційно-правовими формами*, здатними забезпечити найбільш ефективну її

інституціоналізацію та реалізацію усіма учасниками інноваційних процесів своїх економічних інтересів на національних і міжнародних ринках. Не слід скидати з рахунків і постійну увагу акціонерів до динаміки показників рентабельності інвестицій та інструментів уникнення ризиків бізнес-діяльності, а також об'єктивну необхідність зміни управлінських механізмів діяльності компаній у посткризовому світі, здатних у сукупності суттєво підвищити привабливість застосування різноманітних організаційно-правових форм міжнародних контрактних відносин [271, с. 45]. З-поміж них найбільші ресурсні можливості щодо розбудови в Україні нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи закладені, на нашу думку, у *таких правових формах організації господарської діяльності як-от:*

- спільні підприємства, створені у формі юридичних осіб на основі об'єднання капітальних активів засновників різної національної належності та їх реєстрації на території держави одного із засновників згідно чинного національного законодавства;

- угоди про промислове співробітництво у сфері нанотехнологій, спрямовані на забезпечення взаємного обміну науково-технічними знаннями, їх безпосередню передачу, пошук нових ринків збуту нанотоварів і нанопослуг, економію витрат нановиробництва, продукування нанопродукції для оплати інших товарів чи послуг тощо;

- міжнародні контракти на виробництво різних видів наноматеріалів, наноінтермедіантів чи нанопродукції;

- концесійні угоди, за якими концесіонери за свій рахунок будують чи реконструюють належний концеденту інфраструктурний об'єкт у сфері наноіндустрії та здійснюють на його інституційній платформі виробничу діяльність з використанням упродовж певного часу права володіння ним;

- ліцензійні договори, котрі забезпечують нормативно-правове закріплення передачі зарубіжним партнерам прав на нанотехнології, ноу-хау, бренди, торговельні марки, виробничі секрети тощо;

- франчайзингові контракти, котрі передбачають надання франчайзером франчайзі ліцензій на ведення певних видів бізнес-діяльності у сфері

нанотехнологій упродовж терміну дії контракту зі здійсненням з боку франчайзера її контролю та отриманням франчайзі необхідної комерційної та технічної підтримки;

- угоди з надання інжинірингових послуг з технічної підготовки та експлуатаційного запуску технологічного обладнання для серійного виробництва нанопродукції, його інтегрування у чинні технологічні ланцюги, надання технічної допомоги, управління підприємством, передачі технологічних розробок та ін.;

- договори фінансового лізингу, за якими лізингоотримувач одержує від зарубіжних організацій-лізингодавців дороге технологічне обладнання для нановиробництва за плату у тимчасове володіння та користування.

Таким чином, реалізація вищезазначених механізмів повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи дасть змогу не тільки сформувати у нашій державі цивілізовані і транспарентні канали розроблення і комерціалізації нанотехнологічних розробок, але й інтегрувати її до глобальних вартісних ланцюгів нанотехнологічної підсистеми світового ринку. При цьому міжнародна науково-технічна співпраця українських дослідників нанотехнологічного профілю у сучасних умовах техноглобалізму в обов'язковому порядку має ґрунтуватись на принципах глибокої конвергенції економічних інтересів учасників нанотехнологічних ДіР, їх координації і субординації, інтеграції і диференціації, а також конкуперативної взаємодії та консолідації науково-дослідної діяльності, здатних забезпечити у сукупності високу результативність досліджень і розробок, нарощування ринкових конкурентних позицій вітчизняних нанотехнологічних компаній на світових ринках та ефективного управління їх капіталом, витратами і доходами.

Висновки до розділу 3

1. Динамічне розгортання процесів техноглобалізму детермінує перетворення нанотехнологічних розробок в один з найперспективніших напрямів розвитку високих технологій та усталене матеріальне ядро формування секторів шостого технологічного укладу. За таких умов Україна за рахунок розвитку

нанотехнологічного сегменту національної інноваційної системи зможе оперативно відреагувати на найбільш загрозливі виклики науково-технічного і соціального прогресу за рахунок «підключення» до чергової хвилі світового економічного зростання, налагодження виробництва високотехнологічних товарів з принципово новими споживчими характеристиками, багаторазового зменшення обсягів вихідної сировини й енергетичних ресурсів, а також суттєвого прискорення усіх виробничих циклів. Це відкриє широкі можливості щодо динамічної структурної модернізації української економіки за рахунок використання на ранніх стадіях розвитку нанотехнологічного сегменту глобального ринку успішного міжнародного досвіду та наявних досягнень у цій сфері.

2. У процесі свого еволюційного розвитку наноіндустрія України пройшла чотири етапи, кожен з яких характеризувався своїми специфічними рисами щодо масштабів фінансування, пріоритетності напрямів науково-дослідних робіт нанотехнологічного профілю, а також рівня впровадження нанотехнологічних розробок у суспільно-господарську практику. 1-й етап охопив період 2003-2009 рр. та визначався реалізацією двоетапної комплексної програми фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології»; 2-й етап (2010-2014 рр.) – впровадженням Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали»; 3-й етап (2014-2019 рр.) – реалізацією Цільової комплексної програми наукових досліджень «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій»; 4-й етап (2020-2024 рр.) – впровадженням Цільової програми фундаментальних досліджень «Перспективні фундаментальні дослідження та інноваційні розробки наноматеріалів і нанотехнологій для потреб промисловості, охорони здоров'я та сільського господарства». У процесі реалізації зазначених програм спостерігалась концентрація найбільш потужного науково-дослідного ресурсу за такими напрямками вітчизняних нанотехнологічних досліджень як: нанофізика, нанобіотехнологія та нанохімія.

3. Результати нанотехнологічних ДіР українських дослідників за своїми споживчими характеристиками не тільки не поступаються відповідним зарубіжним розробкам, але й в окремих випадках навіть перевершують їх, не кажучи вже про

значно нижчу вартість вітчизняних розробок. Разом з тим, доволі вагома і диверсифікована науково-дослідна діяльність вітчизняних учених у сфері нанотехнологій дотепер не увінчалась значними обсягами комерціалізації результатів ДіР, створенням значної кількості нових робочих місць у високотехнологічному секторі економіки, а також великомасштабним виробництвом імпортозамісної та експорто-орієнтованої продукції, здатної згенерувати потужний соціально-економічний ефект конкурентного розвитку нашої держави у глобальних координатах.

4. Для нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України притаманна ціла низка узагальнюючих рис і характеристик, котрі у своїй сукупності відбивають сучасні його кількісно-якісні параметри. Насамперед слід відзначити украй низький рівень державного і приватного фінансування ДіР даного напрямку; стрімке старіння вітчизняних наукових шкіл; масштабний відплив молодих наукових кадрів за кордон; домінування державних джерел фінансування фундаментальної науки на тлі украй низької участі приватного сектора у розбудові вітчизняної наноіндустрії; концентрацію ДіР українських учених переважно на технологічній модифікації існуючих матеріалів; незначну частку компаній переробної промисловості, залучених до процесу розроблення та впровадження нанотехнологічних розробок; належність лівової частки українських компаній-розробників нанотехнологій до закладів вищої освіти та науково-дослідних інституцій природничого профілю; їх слабку зорієнтованість на серійне виробництво наноматеріалів; переважне виробництво нанопродукції дослідними партіями для власних науково-дослідних потреб організацій та за спеціальними замовленнями. Одночасно спостерігається також доволі слабка конвергенція вітчизняної та міжнародної систем стандартизації у сфері нанотехнологій; несистемність загальнодержавних програм з розвитку нанотехнологічного сегменту вітчизняних ДіР; їх тимчасовість і короткостроковість, відсутність їх комплементарності та пролонгуючого характеру та ін. Подібні тенденції сформували в Україні самопідтримувальний механізм виробництва нанотехнологічної продукції виключно для промислового проміжного (а не

кінцевого) споживання, який характеризується відсутністю належних організаційно-економічних та інституційних рушіїв для впровадження нанотехнологічних розробок у масове виробництво.

5. Нанотехнологічний сегмент науково-технічної діяльності в Україні вже багато років поспіль потерпає від численних системних проблем. З-поміж них найпотужніший гальмівний вплив справляють наступні: значний брак цілісної загальнодержавної стратегії розвитку вітчизняного науково-дослідного сектору; неефективні механізми державної підтримки ДіР; відсутність ефективного координування діяльності вітчизняних міністерств та Національної ради з питань розвитку науки і технологій; «розпорошування» (а почасти і дублювання) регуляторного інструментарію інноваційної політики між МОН, національними академіями наук, НФДУ та іншими виконавчими владними органами; неефективні механізми ринкової комерціалізації інноваційних розробок; низький рівень коопераційної взаємодії між вітчизняними науково-дослідними інституціями та підприємницькими і бізнесовими структурами; недостатня зорієнтованість управлінських та фінансових механізмів на задоволення специфічних інноваційних потреб і запитів різних видів ДіР (оборонних, фундаментальних, прикладних, комерційних); застарілість національної дослідницької інфраструктури; недостатній рівень інтеграції вітчизняних інституцій у глобальний та європейський дослідницький простір. Суттєвими гальмуючими чинниками розвитку вітчизняної наноіндустрії є також збереження значних бюрократичних і фінансових обмежень в інтернаціоналізації українських ДіР, котрі значною мірою демотивують вітчизняні науково-дослідні установи щодо розбудови міжнародного інноваційного співробітництва та залучення до нього іноземних інфраструктурних потужностей.

6. Широкомасштабна військова агресія російської федерації проти нашої держави, яка розпочалась 24 лютого 2024 р., зруйнувавши сформовану після Другої світової війни систему глобальної безпеки, спричинила воістину тектонічні структурні зрушення у системі міжнародних відносин та світовому геополітичному і геоекономічному просторі. На тлі зухвалого ядерного шантажу міжнародної

спільноти та повної зневаги з боку росії до принципів непорушності державних кордонів і поваги до державного суверенітету України, наша держава щодня зазнає також величезних людських втрат і матеріальних збитків. При цьому однією з найбільш постраждалих від військової агресії нашого ворога є вітчизняна наукова інфраструктура, яка зазнала величезних втрат лабораторних комплексів, експериментальних майданчиків, наукових центрів та закладів вищої освіти, а також наукових галузевих кластерів фізико-технічних, хіміко-технологічних та біологічних наук.

7. Повоєнна відбудова економіки України має стати періодом не тільки формування принципово нової її структури у руслі провідних глобальних трендів зеленої та цифрової трансформації, але й докорінної модернізації усієї сукупності функціонуючих у нашій державі ринкових інститутів. Це потребує перетворення науки, технологій та інновацій у наріжний камінь національної стратегії повоєнної відбудови національної економіки на основі форсування проривних інноваційних ідей та концентрації наявних ресурсних можливостей на проривних ДіР. Останні мають бути здатними забезпечити масштабний випуск конкурентоспроможної на світових ринках продукції, згенерувати найвищий економічний ефект, а також акселерувати динаміку макроекономічного зростання та відновлення вітчизняної інфраструктури.

8. Глобалізаційні й євроінтеграційні детермінанти розбудови нанотехнологічного сектору економіки України висувають перед нашою державою принципово нові вимоги, пов'язані з його докорінною модернізацією та переведенням вітчизняної інноваційної системи у повоєнний період на якісно вищий щабель розвитку. Досягнення цієї стратегічної мети поряд з реалізацією системи внутрішніх мобілізаційних заходів передбачає також імплементацію цілої низки організаційно-інституційних, інвестиційно-фінансових, податково-адміністративних, інформаційних, освітніх та транснаціональних механізмів, здатних у своїй сукупності суттєво пом'якшити глибоке відставання України від глобальних лідерів за одним з проривних напрямів світового науково-технічного прогресу, забезпечити масштабне впровадження у національну економіку

піонерних нанотехнологій та суттєво підвищити рівень її інноваційної продуктивності.

9. У своїй сукупності організаційно-інституційні механізми розбудови нанотехнологічного сегменту інноваційної системи України мають бути спрямовані на системну розбудову інституційної інфраструктури вітчизняної наноіндустрії та належне унормування організаційних засад їх функціонування; інвестиційно-фінансові – на диверсифікацію джерел фінансування нанотехнологічних ДіР; податково-адміністративні – на створення сприятливого податкового середовища функціонування нанотехнологічних компаній; інформаційні – на забезпечення всебічної інформаційної підтримки вітчизняних підприємств наноіндустрії у реалізації ними проєктів і програм науково-технічного й інноваційного співробітництва з національними і зарубіжними партнерами; а освітні – на підготовку висококваліфікованих спеціалістів та дослідників нанотехнологічного профілю. Особливу роль у повоєнній розбудові в Україні нанотехнологічного сектора економіки мають відіграти також транснаціональні механізми, спрямовані на ефективне вирішення усього комплексу економічних суперечностей, що виникають по лінії використання національних ресурсів розвитку наноіндустрії, з одного боку, та глобальним характером присвоєння породжуваної нею технологічної ренти, з другого. Ефективним вирішенням зазначеного протиріччя є інтеграційне підключення української науки до транснаціональних науково-дослідних мереж, сформованих у нанотехнологічному сегменті глобального ринку з максимальним використанням при цьому усіх конкурентних переваг, що їх надають міжнародні платформи відкритої науки та Угода про асоціацію між Україною і ЄС.

Основні результати розділу опубліковано в наукових працях автора [248; 249; 251; 260].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання щодо визначення ролі і місця нанотехнологічних інновацій у структурній динаміці глобальної економіки. Це дало автору змогу сформулювати низку висновків теоретичного та практичного значення:

1. З другої половини XX ст. структурна динаміка світового науково-технологічного прогресу перебуває під потужним впливом динамічної інноватизації суспільного відтворення, системної діджиталізації і платформізації економічної діяльності, активного поширення міжнародної електронної комерції, впровадження у суспільне виробництво революційних технологічних розробок, розбудови глобальної моделі міжнародного технологічного поділу праці та глибокої інтернаціоналізації організаційно-технологічних відносин. У сукупності зазначені тенденції призводять до докорінних змін не тільки споживчих характеристик готових товарів, але й структури виробничих витрат у сировинному і промисловому секторах національних і регіональних економік, механізмах залучення світової сировинної бази у виробничі процеси, а також організаційних, товарно-видових й інституційно-регуляторних структурах глобального ринку.

2. В основі еволюційного розвитку промислових революцій лежить об'єктивно існуюча суперечність між потребами підвищення продуктивності суспільної праці, з одного боку, та неспроможністю пануючого технологічного способу виробництва їх забезпечити у результаті вичерпання свого ресурсу, з другого. За умов досягнення зазначеною суперечністю антагоністичного рівня, дальший розвиток світового господарства у рамках діючого технологічного способу виробництва стає неможливим, а отже – відбувається його перехід на якісно нову техніко-технологічну парадигму. Даний перехід супроводжується повним «перезавантаженням» світової системи відтворення суспільного продукту з формуванням у її виробничій структурі нових секторів економіки, докорінними змінами економічного й інституційного механізмів господарської системи на усіх

рівнях її функціонування (мікро-, мезо-, макро-, мега-), становленням якісно нових форм і рівнів організації виробничих відносин, розбудовою нових взаємозв'язків між секторами, системною модернізацією базових технологій і ринкових інститутів, глибоким реформуванням діючих режимів макроекономічного і фінансового регулювання.

3. Наноіндустріалізація, як системний процес формування виробничих комплексів, базованих на масовому впровадженні у глобальне суспільне відтворення нанотехнологічних розробок, є основним драйвером розбудови у світових координатах багаторівневої і багатоструктурної наноіндустрії. У своєму загальному інституційному форматі вона репрезентує інтегрований на горизонтальному і вертикальному рівнях міжсекторальний комплекс виробничих, науково-досвідних й освітніх організацій різних форм власності, котрі у рамках різних наукових дисциплін, однак на основі єдиного підходу до розгляду матерії на атомно-молекулярному рівні, провадять цілеспрямовану діяльність щодо створення і комерціалізації конкурентоспроможної наукомісткої продукції нанорозмірного рівня різної фізико-хімічної та біологічної природи, з високим рівнем доданої вартості та унікальними техніко-технологічними, економічними, функціональними й експлуатаційними характеристиками, недосяжними для товарів-аналогів та товарів-субститутів.

4. Нанотехнологічні інновації в епоху техноглобалізму справляють на світове господарство доволі суперечливий і неоднозначний вплив. З одного боку, закономірним результатом їх впровадження у світове виробництво є створення принципово нових і модифікація існуючих товарів і послуг, підвищення рівня світового суспільного добробуту, розвиток і структурна диверсифікація національних і глобальної економічних систем, впровадження якісно нових засобів і методів ранньої діагностики захворювань, налагодження вирощування штучних людських органів та ін. З другого боку, нанотехнологічні інновації здатні суттєво розбалансувати світогосподарські пропорції, змінити кількісні і структурні параметри міжнародного виробничого кооперування і виробничо-збутових мереж, витіснити зі світового ринку цілу низку традиційних видів економічної діяльності,

реорганізувати пануючі моделі організації бізнес-діяльності, трансформувати просторову локалізацію глобального виробництва, сформувати нові глобальні точки перенагромадження глобального капіталу, посилити міжсекторальні асиметрії у розподілі капітальних активів, знецінити капітал у секторах, котрі не базуються на нанотехнологічних інноваціях, послабити дію механізму конкуренції, а також позбавити національні уряди держав традиційних механізмів управління соціально-економічними і фінансовими процесами та ін.

5. Світовий ринок нанотехнологій, як один з найбільш динамічних та швидко зростаючих сегментів глобального ринку, в останні два десятиліття характеризується швидким нарощуванням капіталізації, системною диверсифікацією структурних параметрів та неухильним підвищенням рівня інтернаціоналізації. Його структурна динаміка є, з одного боку, закономірним результатом глобального інноваційного прогресу та якісного стрибка у структурній динаміці розвитку світових продуктивних сил, а з другого – потужним драйвером розгортання у глобальних координатах чергового етапу науково-технічної революції з докорінною перебудовою технологічного базису суспільного виробництва.

6. Динамічний розвиток наноіндустрії у докорінний спосіб трансформує усі структурні підсистеми глобального суспільного відтворення та соціальних відносин, висуваючи в число пріоритетних завдань національних урядів нарощування масштабів і диверсифікацію чинного інструментарію державного стимулювання нанотехнологічних секторів своїх економік. Саме від співвідношення країнових сил у боротьбі за нанотехнологічне лідерство у кінцевому рахунку залежить конкурентна диспозиція тієї чи іншої держави як у глобальній моделі міжнародного поділу праці, так і у світовій фінансово-валютній системі.

7. 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. Впроваджувані урядами країн механізми

державного стимулювання наноіндустрії охоплюють на сьогодні цілий комплекс заходів, дій й інструментів у сфері управління економічними відносинами з приводу виробництва, комерціалізації і споживання нанотехнологій у відповідності зі стратегічними цілями, задачами та консолідованими національними інтересами у цій сфері. Процес формування державної політики у сфері підтримки нанотехнологій передбачає в якості обов'язкових компонентів як стратегічну, так і тактичну координацію її пріоритетів, імперативів й орієнтирів, центрів і суб'єктів відповідальності, горизонтів і критеріїв досягнення національних економічних інтересів у їх секторальному та просторовому аспектах.

8. Глибока інтеграція корпоративних виробничих систем у глобальну інноваційну екосистему передбачає в якості обов'язкового компонента розбудову у світових координатах розгалужених нанотехнологічних мереж. Вони об'єднують на своєму інституційному майданчику велику кількість академічних установ, університетів, виробничих компаній, громадських і професійних спілок, науково-дослідних центрів і лабораторій, дослідницьких і спеціалізованих організацій, інвестиційних і венчурних компаній. У своїй тісній колаборації вони здійснюють нанотехнологічні ДіР фундаментального і прикладного рівнів, доводять їх результати до етапу дослідних зразків з подальшою комерціалізацією та ринковим збутом.

9. Незважаючи на відносно низький рівень абсорбційної здатності української економіки до ринкової комерціалізації нанотехнологічних ДіР, науково-дослідні роботи у цій сфері ведуться доволі активно. Ними займається на сьогодні близько третини загальної кількості структурних підрозділів Національної академії наук України, а ціла низка нанотехнологічних розробок українських учених уже сьогодні знаходить своє практичне впровадження у суспільно-господарську практику. Конкурентна диспозиція нашої держави на сучасній нанотехнологічній карті світу характеризується її перебуванням на початковому етапі становлення наноіндустрії; низьким рівнем її державного і приватного фінансування; домінуванням державних джерел фінансування фундаментальної науки на тлі української низької участі приватного сектора у розбудові вітчизняної

наноіндустрії; концентрацією ДіР українських учених переважно на технологічній модифікації існуючих матеріалів; слабкою зорієнтованістю вітчизняних компаній на серійне виробництво наноматеріалів та ін. Це спричиняє значне технологічне відставання нашої держави від світових лідерів інноваційного прогресу, а відтак – актуалізує питання щодо реалізації цілої низки організаційно-інституційних, інвестиційно-фінансових, податково-адміністративних, інформаційних, освітніх та транснаціональних механізмів, спрямованих на масштабне впровадження у національну економіку піонерних нанотехнологій та суттєве підвищення рівня її інноваційної продуктивності.

10. Попри колосальні матеріальні втрати України від збройної агресії російської федерації, саме сьогодні закладається міцна основа системної структурної трансформації національного науково-дослідного сектору нашої держави та розбудови високоефективних каналів внутрішньокраїнового та транскордонного спіловеру знань та технологій. Це об'єктивно вимагає переведення національної інноваційної системи на сталу модель суспільного відтворення насамперед на основі її стратегічної конвергенції з міжнародними науковими системами і внутрішніми бізнес-процесами, а також глибокого інтегрування наукового та інноваційного потенціалів нашої держави. Саме у період повоєнної відбудови для української економіки відкривається широке «вікно можливостей» позбутись нарешті застарілого промислового комплексу та надмірно обтяженого радянською спадщиною науково-дослідного сектору з їх укр. слаbkими інституційними зв'язками між наукою, освітою і бізнес-діяльністю, недовірою між усіма групами стейкхолдерів інноваційних процесів, низьким рівнем державної інноваційної спроможності та відсутністю узгодженої загальнонаціональної стратегії інноваційного розвитку України у глобальних координатах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 11-а міжнародна науково-практична конференція «Нанотехнології та наноматеріали» («НАНО-2023»): короткі підсумки. Інститут фізики Національної академії наук України. 21 вересня 2023 р. URL: <http://www.iop.kiev.ua/ua/11-a-mzhnarodna-naukovo-praktichna-konferencya-nanotehnolog-ta-nanomateriali-nano2023-korotk-pdsumki/> (дата звернення 21.04.2024 р.).
2. A network for bringing NANOTEchnologies TO LIFE. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/500057> (дата звернення 02.12.2023 р.).
3. Abraham T. Nanotechnology and Nano Materials: Types, Current/Emerging Applications and Global Markets. Innovative Research and Products, Inc., 2011.
4. Aganbegyan A. G. Human Capital and Its Main Component — the «Knowledge Economy» Sphere as the Main Source of Socio-Economic Growth. Economic Strategies. 2017. Vol. 3. URL: <http://stolypinsky.club/wp-content/uploads/2017/08/CHelovecheskij-kapital-i-ego-glavnaya-sostavlyayushhaya-sfera-ekonomiki-znanij-kak-osnovnoj-istochnik-sotsialno-ekonomicheskogo-rosta.pdf>
5. Agilent Reports Fourth-Quarter Fiscal Year 2023. Financial Results. URL: <https://www.investor.agilent.com/news-and-events/news/news-details/2023/Agilent-Reports-Fourth-Quarter-Fiscal-Year-2023-Financial-Results/> (дата звернення 02.01.2024 р.).
6. Agrawal A., Schaefer S., Funke T. Incorporating Industry 4.0 in Corporate Strategy. URL: https://www.researchgate.net/publication/326392828_Incorporating_Industry_40_in_Corporate_Strategy (дата звернення 20.03.2023 р.).
7. Ahadi P. Applications of nanomaterials in construction with an approach to energy issue. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 261-263. P. 509-514.
8. Aithal S., Aithal, P. S. Green Nanotechnology Innovations to Realize UN Sustainable Development Goals 2030. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML)*. 2021. No. 5 (2). P. 96-105. URL: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/9ZjBw0O9/>

9. Analysis of war damage to the Ukrainian science sector and its consequences. UNESCO, 2024. URL: <https://www.unesco.org/en/articles/analysis-war-damage-ukrainian-science-sector-and-its-consequences>
10. Andersen M. M. Eco-innovation: towards a taxonomy and a theory. In: Conference 2008 on Entrepreneurship and Innovation - Organizations, In- situations, Systems and Regions. 25th Celebration Druid. Copenhagen, Denmark. 2008.
11. Anklam E. Connecting Science and Policy to Support Innovation and Nanotechnology Acceptance among Consumers Polish Presidency Conference. URL: http://www.nanoethics2011.pan.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=12
12. Ansell C., Gash A. Collaborative Governance in Theory and Practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*. 2008. Vol. 18. № 4. P. 543-571. URL: http://marphli.pbworks.com/w/file/55667103/Collaborative_governance_theory.pdf
13. Arundel A., Kemp K. Measuring Eco-innovation. UNIMERIT Working Paper Series N. 2009-017. Maastricht, The Netherlands. 2009.
14. ATIP08.007: Nanoscience/Nano Funding in Europe: An Overview. URL: <https://atip.org/atip-publications/atip-reports/2017/6214-atip08-007-nanosciencenano-fund-ing-in-europe-an-overview.html> (дата звернення 03.12.2023 р.).
15. Bauer H., Patel M., Veira J. The Internet of Things: sizing up the opportunity. New York (NY): McKinsey & Company, 2016.
16. Bell D. The Coming Of Post-industrial Society: A Venture in Social Forecasting. 1976.
17. Bhat J. S. A. Concerns of new technology based industries – the case of nanotechnology. *Technovation*. 2005. №25. P. 457-462.
18. Bloom R. L., Crapster B., Dunkelberger H. L., Glatfelter Ch. H., Mara R. T., Richardson N. E., Schubart W.R. The Second Industrial Revolution. Pt XIV: The Industrial Revolution, Classical Economics, and Economic Liberalism. Gettysburg, Gettysburg College, 1958, pp. 7-12.

19. Boons F., Lüdeke-Freund F. Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*. 2013. No. 45. P. 9-19. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2103495
20. Bossle M. B., De Barcellos M. D., Vieira L. M., Sauvée L. The drivers for adoption of eco-innovation. *Journal of Cleaner Production*. 2016. No. 113. P. 861-872. URL: <https://pure.au.dk/portal/en/publications/the-drivers-for-adoption-of-eco-innovation>
21. Bramwell A. et al. *Growing Innovation Ecosystems: University-Industry Knowledge Transfer and Regional Economic Development in Canada*. Final Report to the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada, 2012.
22. Butt NM: Nanotechnology and why for developing countries. In Presentation at a Workshop on Nanoscience and Catalysis (NSC). 2008 March 24-25; Islamabad. Department of Physics Qaudi-i-Azam University. URL: <https://www.ncp.edu.pk/assets/docs/wnsc-2008/n-m-butt.pdf>
23. Cai W., Li G. The drivers of eco-innovation and its impact on performance: evidence from China. *J. Clean. Prod.* 2018. No. 176. P. 110-118. URL: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018JCPro.176..110C/abstract>
24. Cameron R. E. *A Concise Economic History of the World: from Paleolithic times to the present*. 2nd edition. N.Y.: Oxford University Press, 1993.
25. *Capital: A Critique of Political Economy*. Volume I: The Process of Capitalist Production, by Karl Marx. Trans. from the 3rd German edition, by Samuel Moore and Edward Aveling, ed. Frederick Engels. Revised and amplified according to the 4th German ed. by Ernest Untermann (Chicago: Charles H. Kerr and Co., 1909). URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/marx-capital-a-critique-of-political-economy-volume-i-the-process-of-capitalist-production> (дата звернення 22.02.2022 р.).
26. Cassel G. *Theory of Social Economy*. Stockholm: Kercourt, Brece, and Company, 1932.
27. Chandler Jr., Alfred D. *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Cambridge, Mass.; L.: Harvard University Press, 1994.
28. Clark J., & Cole S. *Global Simulation Models: A Comparative Study*. New York: John Wiley & Sons, 1975.

29. Condorcet J. Outlines of an historical view of the progress of the human mind. 1795. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/condorcet-outlines-of-an-historical-view-of-the-progress-of-the-human-mind> (дата звернення 20.05.2022 р.).
30. CORDIS. URL: <https://www.cordis.europa.eu/> (дата звернення 02.12.2023 р.).
31. Cozzens S., Cortes R., Soumonni O., Woodson T. Nanotechnology and the millennium development goals: water, energy, and agri-food. *Journal of Nanoparticle Research*. 2013. Vol. 15, Iss. 11. P. 1-14.
32. Crafts T. F. R. Long-term unemployment in Britain in the 1930s. 1987.
33. Cui Li. Fuzzy approach to eco-innovation for enhancing business functions: a case study in China. *Industrial Management & Data Systems*. 2017.
34. Cunningham W. An Essay On Western Civilization In Its Economic Aspects. Kessinger Publishing. 2010.
35. Delgado J. M. P. Q., Öchsner A., Barbosa de Lima A. G. Nanotechnology for Energy and Environment. *Advances in Materials Science and Engineering*. June 2014. Article ID 459108.
36. Denison E. F. Sources of Postwar Growth in Nine Western Countries. *American Economic Review*. May 1967.
37. Denison E. Trends in American Economic Growth. Wash, 1990.
38. Devriese L. I., Van Der Meulen M. D., Maes T., Bekaert K., Paul-Pont I., Frère L., Robbens J., Vethaak A. D. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Mar. Pollut. Bull.* 2015. №98. P. 179-187.
39. Drexler E., Peterson C., Pergamit G. Unbounding the Future – The Nanotechnology Revolution. NY: William Morrow 1991.
40. Drexler K. E. Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology. NY: Ancor Press, 1986.
41. Drexler K. E. Molecular Engineering: an Approach to the Development of General Capabilities for Molecular Manipulation. *Proc. Natl. Acad. Soc. USA*. 1981. No 78. P. 5275-5278.

42. Drexler K. E. Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation. NY: John Wiley and Sons, 1992.
43. Ebbesen M. The Role of the Humanities and Social Sciences in Nanotechnology Research and Development. *NanoEthics*. 2008. Vol. 2. N 1. P. 1-13.
44. Enterprise Network Infrastructure – Europe. Statista. The Statistic Portal. URL: <https://es.statista.com/outlook/tmo/data-center/network-infrastructure/enterprise-network-infrastructure/europe> (дата звернення 04.01.2024 р.).
45. EU Business in Japan. About Nanotechnology. URL: <https://www.eu-japan.eu/eubusinessinjapan/sectors/nanotechnology/about-nanotechnology> (дата звернення 30.11.2023 р.).
46. EU Research Projects. URL: <https://euon.echa.europa.eu/eu-research-projects> (дата звернення 02.12.2023 р.).
47. Europe Nanomaterials Market by Type of Material, by End User – Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014-2022. Allied Market Research, October 2016.
48. Farsadi M., Öchsner A., Rahmandoust M. Numerical investigation of composite materials reinforced with waved carbon nanotubes. *Journal of Composite Materials*. 2013. Vol. 47. No. 11. P. 1425-1434.
49. File: Evolution of key input indicators, EU.png. Eurostat Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Evolution_of_key_input_indicators,_EU.png (дата звернення 05.01.2024 р.).
50. Freitas R. A. Jr. Nanotechnology, nanomedicine and nanosurgery. *Int J Surg*. 2005. №3. P. 243-246.
51. Friedman M. The Methodology of Positive Economics. In: M. Friedman. *Essays in Positive Economics*. Chicago, 1958.
52. Frolov D., Popkova E., Stratulat I., Shulimova A. Complex Management of Promising Technologies: A Case Study of Russian NanoIndustry. *Nanotechnology Law & Business*. 2015. Vol. 12, Issue 2. P. 148-160.
53. Gabriela B. A., Irina R. C. Eco-Innovation and Service Activities in the Context of Sustainable Development in Romania. *European Scientific Journal*, 2018. Vol. №14. No. 1. P. 208-226.

54. Geissbauer R., Schrauf S., Koch V. Et al. Industry 4.0 – Opportunities and Challenges of the Industrial Internet assessment. PricewaterhouseCoopers, 2014.
55. Geissbauer R., Vedsø J., Schrauf S. A strategist's guide to Industry 4.0. URL: <https://www.strategy-business.com/article/A-Strategists-Guide-to-Industry-4.0?gko=a2260> (дата звернення 15.03.2023).
56. Gerbert P., Lorenz M., Rüßmann M. et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. BCG, 2015.
57. Ghavamian A., Öchsner A. Numerical modeling of eigenmodes and eigenfrequencies of single- and multi-walled carbon nanotubes under the influence of atomic defects. Computational Materials Science. 2013. Vol. 72. P. 42-48.
58. Gibbins G. Essay on English Trade and Colonies. 1899.
59. Gibbins G. Industrial history of England. With Five Maps and a Plan Twenty-Seventh Edition. Methuen & Co LTD. London. 1920. URL: <https://www.gutenberg.org/files/55862/55862-h/55862-h.htm#p253> (дата звернення 07.05.2024 p.).
60. Global 3D printing products and services market size from 2020 to 2026 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/315386/global-market-for-3d-printers/>
61. Gough I. Marx's Theory of Productive and Unproductive Labour. URL: <https://personal.lse.ac.uk/goughi/Gough%20NLR%2076.pdf> (дата звернення 14.02.2021 p.).
62. Gross domestic spending on R&D. OECD. URL: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm> (дата звернення 13.04.2024 p.).
63. Grübler A. The Rise and Fall of Infrastructures. Dynamics of Evolution and Technological Change in Transport. Darmstadt: Physica-Verlag Heidelberg, 1990.
64. Gupta J. Nanotechnology applications in medicine and dentistry. J Investig Clin Dent. 2011. №2. P. 81-88.
65. Haberler G. Prosperity and Depression. A Theoretical Analysis of Cyclical Movements. L., 1958.

66. 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 р.).
67. Hansen N. M. Saint-Simon's Industrial Society in Modern Perspective. The Southwestern Social Science Quarterly. 1966. Vol. 47. No. 3. P. 253-262.
68. Harrod R. Towards a Dynamic Economics: Some Recent Developments of Economic Theory and Their Application to Policy. 1980.
69. Heckscher E. Mercantilism. L., 1935.
70. High-technology exports (current US\$) - China, Japan, Germany, Korea, Rep., United States. The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.CD?locations=CN-JP-DE-KR-US&view=chart> (дата звернення 20.10.2023 р.).
71. Hobsbawm E. Industry and Empire: From 1750 to the Present Day. New-York. 1999.
72. Hobsbawm E. The Age of Revolution. L.: Weidenfeld & Nicolson, 1962.
73. Hochul: \$10 billion going to semiconductor research, development center at Albany NanoTech Complex. URL: <https://spectrumlocalnews.com/nys/capital-region/politics/2023/12/11/-10-billion-going-to-albany-nanotech-complex> (дата звернення 03.01.2024 р.).
74. Horizon Europe: opportunities for the Nanotech and Material sector. URL: <https://www.wheesbee.eu/sector-report/horizon-europe-opportunities-for-the-nanotech-and-material-sector/> (дата звернення 30.11.2023 р.).
75. Horton A. A., Walton A., Spurgeon D. J., Lahive E., Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. Sci. Total Environ. 2017. №586. P. 127-141. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28169032/>
76. HRST by occupation, age 25-64, 2022 26-05-2023.png. Eurostat Statistics Explained. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:HRST_by_occupation,_age_25-64,_2022_26-05-2023.png (дата звернення 31.12.2023 р.).

77. IBM AI Hardware Research Center. URL: <https://ny-creates.org/programs/> (дата звернення 04.01.2024 р.).
78. IBM Research and Development Expenses 2010-2023. Macrotrends. URL: <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/IBM/ibm/research-development-expenses> (дата звернення 04.01.2024 р.).
79. Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector. McKinsey, 2015.
80. Inozemtsev V. L. For ten years. Towards the concept of a post-economic society. 1998.
81. Inozemtsev V. One World Divided: Existing Causes and Possible Results of the Coming Post-Economic Revolution. London: Wisdom House. 2010.
82. Intramural nanotechnology R&D expenditures in the government and higher education sectors, 2009-21. OECD Key Nanotech Indicators. November 2023. URL: <http://oe.cd/kni> (дата звернення 28.11.2023 р.).
83. 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.
84. Kagan V. E., Bayir H., Svedova A. A. Nanomedicine and nanotoxicology: two sides of the same coin. *Nanomedicine: nanotoxicology, biology and medicine.* 2005. Vol. 1. P. 313-316.
85. Karami A., Golieskardi A., Choo C. K., Larat V., Galloway T. S., Salamatina B. The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Sci. Rep.* 2017. №7. P. 1-11.
86. Key nanotechnology indicators. Nanotechnology R&D intensity in the business sector, %. URL: <https://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm> (дата звернення 30.12.2023 р.).
87. World Development Indicators: Science and technology. The World Bank. URL: <https://wdi.worldbank.org/table/5.12> (дата звернення 22.10.2023 р.).
88. Kleinknecht A. and Ter Wengel. The Myth of Economic Globalization. *Cambridge Journal of Economics.* 1998. №22. 1998. P. 637-647.

89. Kondratieff N. D. Large Cycles of Conjuncture and the Theory of Foreseeing. Selected Works. Academic Projects. 2015.

90. Kondratiev and the Dynamics of Economic Development: Long Cycles and Industrial Growth in Historical Context (Studies in Russian and East European History and Society). Palgrave Macmillan. 1998.

91. Kostoff R. T. Technical structure of the global nanoscience and nanotechnology literature. Journal of Nanoparticle Research. 2007. №9. P. 721-724.

92. Kulisher J. Lectures on the history of the economic life of Western Europe: course, cheat. In S.-Petersburg. Un-Te. 2nd ed. and add. Sanct-Petersburg: Type. A. G. Rosen, 1910. 451 p.

93. Kuznets S. Modern Economic Growth: Rate, Structure, and Spread. New Haven: Yale University Press, 1966.

94. Leading 50 Chinese institutions in chemistry. 2021. URL: <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2021-china/tables/chemistry> (дата звернення 02.12.2023 р.).

95. Lee K. H., Min B. Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. J. Clean. Prod. 2015. No. 108. P. 534-542.

96. Li J., Yang D., Li L., Jabeen K., Shi H. Microplastics in commercial bivalves from China. Environ. Pollut. 2015. №207. P. 190-195.

97. Liebezeit G., Liebezeit E. Non-pollen particulates in honey and sugar. Food Addit. Contam. Part A. 2013. №30. P. 2136-2140.

98. Liebezeit G., Liebezeit E. Synthetic particles as contaminants in German beers. Food Addit. Contam. Part A. 2014. №31. P. 1574-1578.

99. Lin P., Allhoff F. Nanoscience and Nanoethics: Defining the Disciplines. NanoEthics: The Ethical and Social Implications of Nanotechnology / ed. by F. Allhoff. Wiley-Interscience: A John Wiley & Son, Inc., Publ., 2007. P. 3-16.

100. Linton D., Walsh T. Integrating innovation and learning curve theory: an enabler for moving nanotechnologies and other emerging process technologies into production. R&D Management. 2004. №34. P. 517-526.

101. Macrotrends. URL: <https://www.macrotrends.net/> (дата звернення 30.12.2023р.).

102. Maddison A. The World Economy: Historical Statistics. Development Centre Studies. OECD, 2003.

103. Main Science and Technology Indicators. OECD Stat. URL: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB# (дата звернення 17.12.2023 p.).

104. Mansfield E. The Economics of Technological Change. N.Y., 1968.

105. Mantoux P. The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An outline of the beginnings of the modern factory system in England. 1928.

106. Market value of nanotechnology worldwide from 2010 to 2020 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1073886/global-market-value-nanotechnology/>

107. Marshall A. Principles of Economics. 1890. The Online Library of Liberty. URL: <https://eet.pixel-online.org/files/etranslation/original/Marshall,%20Principles%20of%20Economics.pdf> (дата звернення 15.05.2021 p.).

108. Marx & Engels Collected Works. Volume 2. Lawrence & Wishart Electric Book. 2010. URL: https://www.hekmatist.com/Marx%20Engles/Marx%20&%20Engels%20Collected%20Works%20Volume%202_%20Fr%20-%20Karl%20Marx.pdf

109. Marx & Engels Collected Works. Volume 23. Lawrence & Wishart Electric Book. 2010. URL: https://www.hekmatist.com/Marx%20Engles/Marx%20&%20Engels%20Collected%20Works%20Volume%2023_%20M%20-%20Karl%20Marx.pdf

110. Marx K., Engels F. Collected Works. Lawrence and Wishart Ltd. 1987.

111. Mason S. A., Welch V. G., Neratko J. Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. Front. Chem. 2018, №6.

112. Mattsson K., Jovic S., Doverbratt I., Hansson L.-A. Nanoplastics in the Aquatic Environment. In *Microplastic Contamination in Aquatic Environments*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 2018. P. 379-399.
113. Meissner H., Ilsena R., Auricha J. C. Analysis of Control Architectures in the Context of Industry 4.0. *Procedia CIRP*. 2017. Vol. 62. P. 165-169.
114. Mercan B., Göktaş D. Components of Innovation Ecosystems: A Cross-Country Study. *International Research Journal of Finance and Economics*. 2011. №76. P. 102-112.
115. MINATEC micro and nanotechnology innovation campus. <https://www.minatec.org/en/minatec-campus/minatec-micro-and-nanotechnology-innovation-campus/> (дата звернення 30.11.2023 р.).
116. Mokyr J., Strotz R. H. The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *Storia dell'economia Mondiale* / ed. by V. Castronovo. Rome: Laterza publishing, 1999.
117. Montchretien A. *Et L'Economie Politique Nationale*. P., 1952.
118. Muslimova G. E. Features of financing of nanotechnological projects. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-finansirovaniya-nanotehnologicheskikh-proektov> (дата звернення 30.12.2023 р.).
119. Nanoengineering: Salary and Career Overview. UC Riverside. Online Master of Science in Engineering. URL: <https://engineeringonline.ucr.edu/blog/nanoengineering-salary/> (дата звернення 31.12.2023 р.).
120. Nanomaterials Market – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014-2022. Allied Market Research, September 2016.
121. Nanomaterials Market – Global Trends, Investment Analysis and Future Scope to 2022. Mordor Intelligence, Hyderabad, Telangana, March 2017.
122. Nanotechnologies – Methodology for the classification and categorization of nanomaterials. ISO. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:tr:11360:ed-1:v1:en>
123. 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 р.).

124. Nanotechnology in China: Market Report. *AZO Nano*. 2015. URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3545> (дата звернення 02.12.2023 р.).

125. Nanotechnology in Germany. URL: <https://yeyeagency.com/nanotechnology-in-germany/> (дата звернення 30.11.2023 р.).

126. Nanotechnology Market Size to Reach USD 290.93 Billion in 2028. Emergen Research, 26 October 2021. URL: <https://www.medgadget.com/2021/10/nanotechnology-market-size-to-reach-usd-290-93-billion-in-2028-emergen-research.html>

127. Nanotechnology Patents in EPO (Patent). StatNano. URL: <https://statnano.com/report/s102> (дата звернення 30.12.2023 р.).

128. Nanotechnology Patents in USPTO (Patent). StatNano. URL: <https://statnano.com/report/s103> (дата звернення 30.12.2023 р.).

129. Nanotechnology Published Patent Applications in USPTO: Number and Annual Growth Rate during the Past 20 Years. StatNano, 16.08.2022. URL: <https://statnano.com/news/71177/Nanotechnology-Published-Patent-Applications-in-USPTO-Number-and-Annual-Growth-Rate-during-the-Past-20-Years> (дата звернення 31.12.2023 р.).

130. Nanotechnology R&D expenditures in the business sector, 2008-2019. OECD. URL: <https://www.oecd.org/sti/nanotechnology-indicators.htm> (дата звернення 30.12.2023р.).

131. Nanotechnology Services Global Market Report 2022. Report Linker, December 30, 2021. URL: <https://finance.yahoo.com/news/nanotechnology-services-global-market-report-085200443.html> (дата звернення 28.11.2023 р.).

132. Nanotechnology Services Global Market Report 2022. Report Linker. URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/12/30/2359099/0/en/Nanotechnology-Services-Global-Market-Report-2022.html> (дата звернення 28.11.2023 р.).

133. National Nanotechnology Initiative Supplement to the President`s 2023 Budget. Product of the Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology.

Committee on Technology of the National Science and Technology Council. February 2023.

134. Neves D., Sobral P., Ferreira J. L., Pereira T. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Mar. Pollut. Bull.* 2015. №101. P. 119-126.

135. Nikitin D., Kafka S., Bagatska K., Sapiński A., Zaitsev O. Mathematical modelling justification of financial and economic parameters of enterprises. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 9 (1). P. 6273-6277.

136. Nikitin D., Otenko I., Hrabynskiy I., Lytvynenko A., Povoroznyk M. The impact of the Covid-19 pandemic on the dynamics of financial instruments in the world trade. *Transactions on Business and Economics*. 2022. Volume 19. P. 1748-1763.

137. Niosi J., Reid S. E. Biotechnology and Nanotechnology: Science-based Enabling Technologies as Windows of Opportunity for LDCs? *World Development*. 2007. №35. P. 426-438.

138. NNI Budget Supplements by Year: 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023. URL: <https://www.nano.gov/NNIBudgetSupplementsandStrategicPlans> (дата звернення 30.11.2023 р.).

139. NNI Research and Development (R&D) Centers and Networks. National Nanotechnological Initiative. URL: <https://www.nano.gov/centers-networks> (дата звернення 30.11.2023 р.).

140. Number of 3D printing & additive manufacturing devices worldwide from 2020 to 2030, by context (in 1,000s). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1259618/3d-printing-and-additive-manufacturing-devices-worldwide/>

141. Number of firms active in nanotechnology, 2008-21. 2009-21. OECD Key Nanotech Indicators. November 2023. URL: <http://oe.cd/kni> (дата звернення 28.11.2023р.).

142. Number of nanotechnology-related articles indexed in Web of Science (WoS). StatNano. URL: <https://statnano.com/report/s29> (дата звернення 12.12.2023 р.).

143. NY CREATES is a world-leading R&D, innovation hub and commercialization facilitator in advanced digital, analog and power technologies. URL: <https://ny-creates.org/about/> (дата звернення 03.01.2024 р.).

144. NY Creates, Along with its Partners, Works to Address Workforce Development Needs at Many Levels. URL: <https://ny-creates.org/economic-development/workforce-development/> (дата звернення 03.01.2024 р.).

145. OECD Data Explorer. Main Science and Technology Indicators. OECD. URL: [https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&tm=Main%20Science%20and%20Technology%20Indicators&pg=0&snb=1&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_MSTI%40DF_MSTI&df\[ag\]=OECD.STI.STP&df\[vs\]=1.2&pd=2014%2C&dq=.A..PT_B1GQ..&ly\[rw\]=REF_AREA&ly\[cl\]=TIME_PERIOD&to\[TIME_PERIOD\]=false&vw=tb](https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&tm=Main%20Science%20and%20Technology%20Indicators&pg=0&snb=1&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_MSTI%40DF_MSTI&df[ag]=OECD.STI.STP&df[vs]=1.2&pd=2014%2C&dq=.A..PT_B1GQ..&ly[rw]=REF_AREA&ly[cl]=TIME_PERIOD&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb) (дата звернення 20.10.2023 р.).

146. Pareto V. Euvres completes. T. 5. Les systemes socialistes. Geneve, 1965.

147. Pigou A. C. The Economics of Welfare. 1928. URL: <https://oll.libertyfund.org/titles/pigou-the-economics-of-welfare>

148. Quesnay F., Turgot A.R.Zh. Physiocrats. Selected economic works. M.: Eksmo, 2008.

149. Ranking of the companies with the highest spending on research and development worldwide in 2022 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/265645/ranking-of-the-20-companies-with-the-highest-spending-on-research-and-development/> (дата звернення 29.12.2023 р.).

150. REACH committee to debate restriction proposal on microplastics excludes nanoparticles. The Nanodatabase. URL: <https://nanodb.dk/en/news/reach-committee-to-debate-restriction-proposal-on-microplastics-excludes-nanoparticles/> (дата звернення 30.12.2023 р.).

151. Rebuilding Research, Education, and Innovation in Ukraine: Proceedings of a Workshop – in Brief. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press. 2022. URL:

<https://nap.nationalacademies.org/read/26795/chapter/1#2> (дата звернення 27.04.2024 р.).

152. Ricardo D. Principles of Political Economy, 3rd ed. London. 1821.
153. Rifkin J. The Third Industrial revolution. London: Palgrave Macmillan, 2011.
154. Romig A. D. An introduction to nanotechnology policy: Opportunities and constraints for emerging and established economies. *Technological Forecasting and Social Change*. 2007. №74. P. 1634-1642.
155. Ruttan V. W., Hayami Y. Toward a Theory of Induced Institutional Innovation. Book Chapter in: *Can Economic Growth Be Sustained? The Collected Papers of Vernon W. Ruttan and Yujiro Hayami*. 2015.
156. Sahal D. Patterns of Technological Innovation. L. etc., 1981.
157. Saint Simon C.-H. Du système industriel (The Industrial System). Published by chez Antoine-Augustin Renouard. Paris, 1821.
158. Salamanca-Buentello F., Daar A.S. Nanotechnology, equity and global health. *Nat. Nanotechnol.* 2021. Vol. 16. P. 358-361.
159. Salerno M. Designing foresight studies for Nanoscience and Nanotechnology (NST) future developments. *Technological Forecasting and Social Change*. 2008. №75. P. 1202-1223.
160. Santillo D., Miller K., Johnston P. Microplastics as contaminants in commercially important seafood species. *Integr. Environ. Assess. Manag.* 2017. №13. P. 516-521.
161. Saxton J. Nanotechnology: The Future Is Coming Sooner than You Think. A Joint Economic Committee Study. Ranking Member Joint Economic Committee. United States Congress, March 2007. URL: https://www.thenewatlantis.com/wp-content/uploads/legacy-pdfs/20120213_TheFutureisComingSoonerThanYouThink.pdf
162. Schumer brings commerce secretary Gina Raimondo to meet with IBM & other Albany Nanotech Complex stakeholders & discuss cutting-edge semiconductor R&D happening in Albany. 22.07.2021. URL: <https://ny-creates.org/schumer-brings-commerce-secretary-gina-raimondo-to-meet-with-ibm-senator-says-albany-ideal-fo/> (дата звернення 04.01.2024 р.).

163. Schumpeter J. A. Capitalism, socialism and democracy. Routledge, 1976.
164. Schumpeter J. A. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest and the Business Cycle, New Brunswick (U.S.A) and London (U.K.): Transaction Publishers. 1934.
165. Schumpeter J. Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Leipzig: Verlag von Duncker & Humblot, 1911.
166. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016.
167. Science, Technology and Innovation Outlook 2023. URL: <https://www.oecd.org/sti/science-technology-innovation-outlook/> (дата звернення 29.12.2023 р.).
168. 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 р.).
169. Size of visualization and 3D rendering software market worldwide in 2019 and 2030 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1256258/worldwide-visualization-and-3d-rendering-software-market-revenues/>
<https://www.statista.com/statistics/1256258/worldwide-visualization-and-3d-rendering-software-market-revenues/>
170. Smart Growth. Programme Website. URL: <https://www.poir.gov.pl/en> (дата звернення 29.04.2024 р.).
171. Smith A. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations. Edited by R. H. Campbell and A. S. Skinner William B. Todd, Textual Editor. Library of Economics and Liberty. 2000.
172. Solow R. Technical change and the aggregate production function. Rev. of Economic and Statistics. August 1957.
173. Spiegel H.W. The Growth of Economic Thought. Third Edition, 1991.
174. STATNANO: Nano Science, Technology and Industry. URL: <https://statnano.com/statnano.com>

175. Taniguchi N. On the Basic Concept of Nanotechnology. Proceedings of the International Conference on Production Engineering. Tokyo. Part II, 1974.

176. Tech Transfer Statistics for Various Bureaus, 2011-2018. U.S. Department of the Interior. URL: <https://www.doi.gov/techtransfer/annual-reports> (дата звернення 01.01.2024 р.).

177. Terekhov A. Research in Nanophotonics in a Global Context. World Economy and International Relations. 2019. Vol. 63. No. 4. P. 29-39.

178. The Albany Nanotech Complex is the most advances facility of its kind in North America. URL: <https://ny-creates.org/ny-creates-campus-complex/> (дата звернення 03.01.2024 р.).

179. The Factory of the Future. Industry 4.0 – The challenges of tomorrow. KPMG, 2016.

180. The global nanotechnology market size is projected to grow from \$79.14 billion in 2023 to \$248.56 billion by 2030, at a CAGR of 17.8%. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/nanotechnology-market-108466> (дата звернення 28.11.2023 р.).

181. The Nanodatabase. URL: <https://nanodb.dk/> (дата звернення 30.12.2023 р.).

182. The National Nanotechnology Initiative: Overview, Reauthorization, and Appropriations Issues (name redacted). Specialist in Science and Technology Policy. Congressional Research Service. December 2, 2015.

183. The Number of Nanotechnology Standards (2000-2022). Statnano, 19.04.2023. URL: [https://statnano.com/news/72239/The-Number-of-Nanotechnology-Standards-\(2000-2022\)](https://statnano.com/news/72239/The-Number-of-Nanotechnology-Standards-(2000-2022)) (дата звернення 19.04.2024 р.).

184. The Role of Nanotechnologies in Development and Poverty Alleviation. ASO Nano, Nov. 14, 2007. URL: <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2041>

185. The World's Top 100 Non-Financial MNEs Ranked by Foreign Assets in 2022. URL: <https://topforeignstocks.com/2023/10/19/the-worlds-top-100-non-financial-mnes-ranked-by-foreign-assets-in-2022/> (дата звернення 30.12.2023 р.).

186. Thomson A.M., Perry J.L. Collaboration Processes: Inside the Black Box. Public Administration Review. 2006. Vol. 66. №1 P. 20-32.

187. Tinbergen J. Reshaping the International Order. A Report to the Club of Rome. N.Y., 1976.

188. Titmus C.J. The Influence of Montchretien's Ecossoise Upon French Classical Tragedies with Subjects from English History. French Studies, 1956.

189. Top 9 Nanotechnology Startups in 2023. Failory, August 30, 2023. URL: <https://www.failory.com/startups/nanotechnology#8-onconano-medicine> (дата звернення 30.12.2023 р.).

190. Toynbee A. Lectures on the Industrial Revolution in England. L.: Rivington's, 1887.

191. Tracking proteins in single HIV particle. URL: <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/05/140504211035.htm>

192. Unlabeled nano substances found in 20 out of 23 substances sold in the French market. The Nanodatabase. URL: <https://nanodb.dk/en/news/unlabeled-nano-substances-found-in-20-out-of-23-substances-sold-in-the-french-market/> (дата звернення 30.12.2023 р.).

193. Using DNA to build tool that may literally shine light on cancer. URL: <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/05/140507095314.htm>

194. Vance M. E., Kuiken T., Vejerano E. P., McGinnis S. P., Hochella M. F. Jr., Rejeski D., Hull M. S. Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory. Beilstein J. Nanotechnol. 2015. №6. P. 1769-1780.

195. Volfson S.I., Okhotina N.A., Nigmatullina A.I. Main trends in the development of the world market of nanotechnologies and nanocomposite materials. 2013. pp. 144-146.

196. Which Nanomaterials/Morphologies Have Had the Highest Number of Patents and Publications in 2021? StatNano, 12.08.2022. URL: <https://statnano.com/news/71712> (дата звернення 31.12.2023 р.).

197. Workforce of the Future. The Competing Forces Shaping 2030. PwC, 2018. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/services/people-organisation/workforce-of-the-future/workforce-of-the-future-the-competing-forces-shaping-2030-pwc.pdf>

198. Yang D., Shi H., Li L., Li J., Jabeen K., Kolandhasamy P. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environ. Sci. Technol.* 2015. №49. P. 13622-13627.
199. Ангел Є. Інновації під час війни не на часі, але як без них відновити країну? *Дзеркало тижня*, 12.06.2023 р. URL: <https://zn.ua/ukr/macroeconomics/innovatsiji-pid-chas-vijni-ne-na-chasi-ale-jak-bez-nikh-vidnoviti-krajinu.html> (дата звернення 20.04.2024 р.).
200. Андрощук Г. О. Програма інноваційного розвитку економіки Німеччини: стратегія високих технологій. *Наука та інновації*. 2009. Т. 5. №3. С. 72-88.
201. Антициклічне регулювання ринкової економіки: глобалізаційна перспектива: монографія / Д. Г. Лук'яненко, А. М. Поручник, Я. М. Столярчук [та ін.]; за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Д. Г. Лук'яненка та д-ра екон. наук, проф. А. М. Поручника. К.: КНЕУ, 2010. 334 с.
202. Бажал Ю. М. Економічна теорія технологічних змін. К.: Заповіт, 1996.
203. Beloglazova S. A. Razvitie nanotekhnologicheskikh klasterov kak element infrastrukturi nanoindustrii: yevropeiskii opit. *Mirovaya ekonomika*. 2015. №1 (30). S. 131-139.
204. Бутко Б. О. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. 2019. №4. Том 30 (69). С. 7-12.
205. Вергун В. А., Ступницький О. І. Механізм трансферу технологій та оцінка його ефективності (на прикладі університетів США). *Актуальні проблеми міжнародних відносин*. 2012. Т. 2. №111. URL: <http://journals.iir.kiev.ua/index.php/apmv/article/view/307/278> (дата звернення 30.11.2023 р.).
206. Галан Н. І. Японські університети у «потрійній спіралі»: приклад Тохоку. *Наука та інновації*. 2010. № 3 (6). С. 55-65.
207. Гардашук Т. В. Нанотехнології та наноетика: суперечності обґрунтування. *Інтегративна Антропологія*. 2017. №1 (29). С. 14-22.

208. Глобальні виміри інноваційної сили Європейського Союзу : монографія / Т. В. Ярема, О. І. Заяць, М. М. Палінчак. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2023. – 232 с.
209. Гончаров Ю., Бондаренко С. Наноіндустрія як засіб підвищення якості життя людей та конкурентоспроможності національної економіки. Економіст. 2010. №3. С. 26-30.
210. Городніченко Ю., Сологуб І., Ведер ді Мауро Б. Відбудова України: принципи та політика. Паризький звіт 1. Centre for Economic Policy Research. 2024.
211. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення 13.04.2024 р.).
212. Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010-2014 роки. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/243173765> (дата звернення 19.04.2024 р.).
213. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 1 / Редкол. ... Мочерний С. В. (відп. ред.) та ін. К.: Видавничий центр «Академія», 2000.
214. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 2 / Відп. ред. С.В.Мочерний. К.: Видавничий центр «Академія», 2001.
215. Економічна енциклопедія: У трьох томах. Т. 3 / Редкол. ... Мочерний С. В. (відп. ред.) та ін. К.: Видавничий центр «Академія», 2002.
216. Енциклопедія інновацій / за ред. Р. Дяківа. К.: Міжнародна економічна фундація. 2012.
217. Збірник матеріалів Комітетських слухань на тему «Про стан та законодавче забезпечення фінансування наукової та науково-технічної діяльності», які відбулися 13 березня 2013 року. URL: https://kno.rada.gov.ua/news/mat_sl/ (дата звернення 12.02.2021 р.).
218. Звіт про діяльність Національної академії наук України у 2023 році / НАН України. Київ: Академперіодика, 2024. 590 с.
219. Іванов С. М., Карасюк В. В. Наноіндустрія як умова становлення інноваційного суспільства в Україні. *Право та інновації*. 2015. №3 (11). С. 28-38.

220. Інституційні засади інноваційної економіки: міжнародний досвід та вітчизняна практика: Монографія / А. С. Аблов, О. С. Довгий, Л. П. Гальперіна та ін.; За заг. ред. В. Є. Новицького. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005.

221. 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 р.).

222. Історія економічних вчень: підручник / Л. Я. Корнійчук, Н. О. Татаренко, А. М. Поручник та ін.; За ред. Л. Я. Корнійчук, Н. О. Татаренко. К.: КНЕУ, 2001.

223. Історія економічних вчень: підручник / Л. Я. Корнійчук, Н. О. Татаренко, А. М. Поручник та ін. – К.: КНЕУ, 1999.

224. Катигрובה О. Розвиток теорії інновацій в контексті інституціоналізму. Економіка. 2013. №146. С. 39-42.

225. Кизим М.О., Матюшенко І.Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нано-технологій в економіках країн світу та України: монографія. Х.: ВД «ІНЖЕК», 2011. 392 с.

226. Кравчик Ю. В. Економічний потенціал нанотехнології на глобальному ринку. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Том 9. №2. С. 202-207.

227. Кравчик Ю. Розвиток нанотехнологій у контексті глобальних ринкових трендів: перспекти Індустрії 5.0. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences. 2024. №328 (2). С. 448-453.

228. Kravchuk Y., Kukhar O., Brechko O. Digital Transformation as a Factor in Ensuring Economic Security of Enterprises. Baltic Journal of Economic Studies. 2024. Vol. 9(5). P. 143-152.

229. Культенко В. П., Богославець В. А., Рябченко А. М. Соціальні проблеми нанотехнологій у філософсько-гуманітарному вимірі. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Теорія культури і філософія науки». 2017. Випуск №56. С. 22-26/

230. Литвин І. В. Корпоративні схеми венчурного фінансування проєктів. Молодий вчений. 2014. №6 (09). С. 157-162.

231. Любовець О. Четверта промислова революція: соціальні виклики. URL: https://ndipzir.org.ua/wp-content/uploads/2019/Ryha_09.10.19/Ryha_09.10.19_24.pdf (дата звернення 15.05.2022 р.).

232. Малишев В. В., Габ А. І., Пацаловська Л. Ю., Воденнікова О. С., Сергієнко Т. І., Воденнікова Л. В. Сучасний стан та прогнози розвитку українського ринку нанорозмірних порошків. Металургія. 2019. Випуск 2 (42). С. 117-121.

233. Матюшенко І. Ю., Моїсеєнко Ю. Н. Направлення розвитку нанотехнологій в країнах Євросоюзу та Японії. Бізнес Інформ. 2011. №7 (2). С. 43-50.

234. Матюшенко І. Ю. Нанотехнології в електроніці та інформаційних технологіях. Бізнес Інформ. 2012. №7. С. 32-39.

235. Матюшенко І. Ю. Науково-освітні центри як основний елемент національних нанотехнологічних мереж розвинутих країн світу. Вісник НТУ «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Актуальні проблеми управління та фінансово-господарської діяльності підприємства. Х.: НТУ «ХПІ». 2012. №45 (951). С. 115-127.

236. Моїсеєнко Ю. М. Державна підтримка та стимулювання нанотехнологій в Україні. *Ефективна економіка*. 2014. № 6. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3143> (дата звернення 06.12.2023 р.).

237. Наноіндустрія як найважливіша умова становлення інноваційного суспільства в Україні. URL: https://ndipzir.org.ua/wp-content/uploads/2017/07/Klimova/3_2.pdf (дата звернення 19.04.2024 р.).

238. Нанотехнології в освітній галузі: [монографія] / за заг. ред. І. О. Мороза. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 244 с.

239. Наукова та інноваційна діяльність в Україні у 2007 році. Статистичний збірник. Державний комітет статистики України. Київ: ДП «Інформаційно-видавничий центр Держкомстату України», 2008. https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/16/Arch_nay_zb.htm

240. Наукова та інноваційна діяльність в Україні у 2010 році. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ: ДП «Інформаційно-видавничий центр Держстату України», 2011. https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/16/Arch_nay_zb.htm

241. Наукова та інноваційна діяльність України у 2016 році. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ: ДП «Інформаційно-видавничий центр Держстату України», 2017. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/Arhiv_u/16/Arch_nay_zb.htm

242. Наукова та інноваційна діяльність України у 2019 році. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ: ДП «Інформаційно-видавничий центр Держстату України», 2020. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/09/zb_nauka_2019.pdf

243. Наукова та інноваційна діяльність України у 2020 році. Статистичний збірник. Державна служба статистики України. Київ, 2021. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/10/zb_Nauka_2020.pdf

244. Наукова та науково-технічна діяльність в Україні у 2022 році: науковоаналітична доповідь / Т. В. Писаренко, Т.К. Куранда та ін. К.: УкрІНТЕІ, 2023. – 94 с.

245. Наумовець А. Г. Звіт про діяльність секції фізико-технічних і математичних наук НАН України у 2015-2019 роках. Вісник Національної академії наук України. 2020. №5. С. 30-38.

246. Нікітін Д. В. Вплив нанотехнологічних інновацій на динаміку глобального розвитку: дуалістичний підхід. *Colloquium-journal*. 2022. №17 (140), Część 2: Warszawa, Polska. С. 4-7. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1589502>

247. Нікітін Д. В. Аналіз системи глобальних видатків на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій. *Шістдесят шості економіко-правові дискусії*. Серія: Соціальні та гуманітарні науки (21.06.–22.06.2022 р.). URL: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-3983>.

248. Нікітін Д. В. Диспозиція України на ринку нанотехнологій. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2024. №2 (43). URL: https://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/43_2024/17.pdf

249. Нікітін Д. В. Нанотехнологічний сегмент вітчизняної інноваційної системи в контексті євроінтеграції. *Розвиток бізнесу в контексті європейської інтеграції: глобальні виклики, стратегічні пріоритети, реалії та перспективи*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 07 червня 2024р.). С. 403-406.

250. Нікітін Д. В. Нанотехнологічні пріоритети конкурентного розвитку ЄС у глобальних координатах. *Ефективне управління як двигун фінансово-економічного розвитку*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Суми, 17 грудня 2023 р). Східноєвропейський центр наукових досліджень. Research Europe, 2023. С. 67-69.

251. Нікітін Д. В. Повоєнна розбудова нанотехнологічного ринку в Україні. *Розвиток міжнародних економічних відносин в умовах глобальних викликів*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 3-4 травня 2024 р.). С. 152-155.

252. Нікітін Д. В. Теоретико-методологічні витoki інноваційних теорій. *Бізнес Інформ*. 2022. №5. С. 4-10.

253. Нікітін Д. В. Формування державної політики у сфері підтримки нанотехнологій. *Modern strategies of global scientific solutions*: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції (м. Стокгольм, Швеція; 27-29 грудня 2023 р.). С. 149-151.

254. Нікітін Д. В. Циклічність промислових революцій в контексті еволюції розвитку інноваційних теорій. *Стратегічні пріоритети розвитку економіки, фінансів, обліку і права в Україні та світі*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 15 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 11-12.

255. Нікітін Д. Глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій. *Економічний простір*. 2024. №189. С. 104-108.

256. Нікітін Д. Інноваційні екосистеми нанотехнологічних мереж в світових координатах. *Ефективна економіка*. 2024. №2. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/3146/3182>

257. Нікітін Д. Нанотехнологічне лідерство країн в контексті глобальних структурних трансформацій. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. №9 (09). С. 26-30.

258. Нікітін Д. Нанотехнологічний сегмент глобального ринку: азійська модель. *Економіка та суспільство*. 2023. №57.

259. Нікітін Д. Світові промислові революції як основа нанотехнологічних трансформацій. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 61-65.

260. Нікітін Д. В. Транснаціональні механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки. *Війна в Україні – виклик євроатлантичним цивілізаційним цінностям*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 24-25 червня 2024 р.). С. 92-96.

261. Онопрієнко М. Світоглядні виклики нанотехнології. *Світогляд*. 2012. №4. С. 26-31.

262. Павлов К. В. Наноінновації як фактор підвищення ефективності інтенсифікації виробництва. *Економічний вісник Донбасу*. 2016. №3 (45). С. 234-249.

263. Павлов К. В. Статистичний вимір розвитку наноекономіки.. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*. 2015. Випуск 1 (45). Т. 2. С. 213-217.

264. Пересунько З. М. Теоретичні аспекти розвитку інноваційної теорії. *Ефективна економіка*. 2013. №7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2192>

265. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України: монографія / Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Х.: ВД «Інжек», 2011. 392с.

266. Про виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2009 року № 1231. URL:

<https://www.nas.gov.ua/legaltexts/DocPublic/P-150114-1-0.pdf> (дата звернення: 13.04.2024 р.).

267. Про виконання цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології»: Постанова Президії Національної академії наук України №129 від 05.05.2010. URL: <https://www.nas.gov.ua/legaltexts/DocPublic/P-100505-129-0.pdf> (дата звернення: 13.04.2024 р.).

268. Про стан виконання комплексної програми наукових досліджень НАН України «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології»: Постанова Президії Національної академії наук України № 358 від 27.12.2006. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0358550-06#Text> (дата звернення: 13.04.2024р.).

269. Проданчук М. Г., Слободкін В. І., Подрушняк А. Є., Левицька В. М. Перспективи впровадження нанотехнологій і наноматеріалів у харчовій промисловості, їх гігієнічна оцінка та актуальні завдання наногігієни харчування. Проблеми харчування. 2010. №3-4. С. 5-15.

270. Розенфельд Л. Г., Москаленко В. Ф., Чекман І. С., Мовчан Б. О. Нанотехнології, наномедицина: перспективи наукових досліджень та впровадження їх результатів у медичну практику. Український медичний часопис. 2008. №5 (67). URL: <https://www.umj.com.ua/article/2588/nanotexnologii-nanomedicina-perspektivi-naukovix-doslidzhen-ta-vprovadzhennya-ix-rezultativ-u-medichnu-praktiku>

271. Самсонова Л. В. Види міжнародних контрактних відносин та їх вплив на соціально-економічний розвиток країн. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2018. Випуск 18. Частина 3. С. 44-49.

272. Силаков К. И., Силакова Т. Т. Нанотехнологии. Определения и классификация. *Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія – Радіотехніка*. Радіоапаратобудування. 2011. №47. С. 190-198.

273. Сичікова Я. О. Стандартизація у сфері нанотехнологій: ретроспективний огляд. Стандартизація, сертифікація, якість. 2020. №3 (121). С. 37-53.

274. Sklyarova Y. Y. Genezis teorii innovatsionnoi ekonomiki. Sotsialno-ekonomicheskie yavleniya i protsessi. 2012. №7-8 (041-042). S. 161-168.
275. Стадник О. Д., Мороз І. О., Шкурдода Ю. О., Яременко О. В. Розвиток наноосвіти – один із чинників забезпечення переходу на шостий технологічний уклад. Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. 2015. Вип. 3. С. 324-330.
276. Столярчук Я. М. Глобальні асиметрії економічного розвитку: монографія. К.: КНЕУ, 2009.
277. Стратегія Європейської Комісії з досліджень та інновацій на 2020-2024 роки: співпраця з Україною.
278. Теплюк М. А., Коваль А. Ю., Зубко Є. В. Сучасні підходи до формування інноваційної бізнес-екосистеми. Вчені записки. 2021. №25 (3). С. 42-50.
279. Теплюк М., Козенюк І. Комерціалізація інноваційної діяльності підприємства. Економіка та підприємництво. 2021. №74. С. 64-76.
280. Теплюк М. А. Тренди інноваційного розвитку підприємництва малого бізнесу в умовах цифрової економіки. Вісник Хмельницького національного університету. 2021. №2. С. 35-39.
281. Ткачова О. А. Науково-технологічний потенціал розвитку вітчизняної сфери нанотехнологій. Економіка і прогнозування. 2015. № 2. С. 134-147.
282. У ЮНЕСКО оцінили збитки науковій інфраструктурі України. Рубрика, 13 березня 2024 р. URL: <https://rubryka.com/2024/03/13/u-yunesko-otsinyly-zbytky-naukovij-infrastrukturi-ukrayiny/> (дата звернення 14.04.2024 р.).
283. Фесенко О. М., Ковальчук С. В., Нищик Р. А. Проблеми та перспективи розвитку нанотехнологій в Україні та світі. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2017. №1. С. 170-179.
284. Філіпенко А. С. Глобальні форми економічного розвитку. К.: Знання, 2007.
285. Khalatur S., Khaminich S., Budko O., Dubovych O., Karamushka O. Multiple system of innovation-investment decisions adoption with synergetic approach usage. Entrepreneurship and Sustainability. 2020. Issues 7 (4). P. 2745-2763.

286. Khalatur S., Pavlova H., Vasilieva L., Karamushka D., Danileviča A. Innovation management as basis of digitalization trends and security of financial sector, Entrepreneurship and Sustainability. 2022. Issues 9 (4). P. 56-76.

287. Khalatur S. The impact of nanotechnological innovations on the competitiveness of the global market. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences. 2024. №328 (2). P. 434-439.

288. Khulman A. Ekonomicheskoe razvitie nanotekhnologii. Forsait. 2009. №1 (9). S. 30-47

289. Черницька Т. В., Швиданенко О. А. Міжнародний трансфер технологій у контексті глобальної конкурентоспроможності національних економік . *Економіка та суспільство*. Видавничий дім «Гельветика». 2024. Випуск 63.

290. Черницька Т. В., Кривенко А. І. Діджиталізація брендингу міжнародних корпорацій. *Вчені записки*. Випуск 24 (3). К.: КНЕУ, 2021. С. 71-82.

291. Черницька Т. В., Швиданенко О. А. Сучасна диспозиція України на глобальному ринку технологій. *Ефективна економіка*. 2024. №66.

292. Shvidanenko O. A., Busarieva T. G. The role of disruptive technologies in the formation of the world competitive leaders. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development. 2020. №2. Vol. 42. P. 128-132.

293. Shvidanenko O., Tkachenko O., Kulaga I., Kozlovska I., Busarieva T. The impact of knowledge components on the world competitiveness. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2021. №1. P. 198-203.

294. Швиданенко О. А., Бусарєва Т. Г. Генезис становлення нової економіки. *Економіка і організація управління*. 2021. №4 (44). С. 78-88.

295. Штучний ґрунт на основі «розумних» гідрогелів. URL: <https://files.nas.gov.ua/NASDevelopmentsBook/PDF/2019/0111.pdf> (дата звернення 18.04.2024 р.).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Методологічні засади ключових теорій інноваційного розвитку

Теорія	Основні концептуальні ідеї	Представники
Меркантилізм	Розкриття закономірностей нагромадження капіталу у міжнародній торговельній сфері та механізмів протекціоністської політики держав; розгляд зовнішньої торгівлі і міждержавного ринкового обміну в якості основних джерел добробуту і багатства націй; виведення за рамки аналізу процесу безпосереднього виробництва та його кваліфікація лише як передумови багатства; піднесення проблеми продуктивної праці як основи суспільного розвитку, незалежно від пануючої суспільної форми виробництва; виокремлення у структурі джерел багатства націй підприємництва і приватної ініціативи та ін.	А. Джевонезі, Д. Лоу, Т. Мен, А. Монкретьєн, Г. Скаруффі, В. Стаффорд, Д. Стюарт, С. Фортрей та ін.
Фізична економія (фізіократія)	Розвиток світоглядних і методологічних засад, спрямованих на відкриття природних законів в економічному бутті; кваліфікація економічного розвитку суспільства як природного процесу, жодною мірою не залежного від людської діяльності; обґрунтування об'єктивної необхідності реалізації у сільськогосподарському секторі глибоких якісних змін з обов'язковим дотриманням принципів вільної конкуренції і вільного підприємництва як запоруки нарощування економічного потенціалу держав на основі розширення можливостей виробництва та створених державою сприятливих умов; комплексний аналіз відтворення матеріальних благ та суспільних класів та ін.	Н. Бодо, Ф. Кене, І. Тюнен, А. Тюрго та ін.
Класична політична економія	Обґрунтування ключової ролі науково-технічного прогресу у розвитку виробництва як стійкої основи зростання продуктивності праці та її механізації, а також підвищення рівня матеріального добробуту громадян та розширеного відтворення людського капіталу; аналіз інноваційного прогресу через призму поділу праці як організаційну інновацію; розкриття причинно-наслідкових зв'язків між рівнем економічного розвитку держав та ступенем освіченості населення; обґрунтування об'єктивної необхідності приведення розміру заробітних плат працівників у відповідність до їх професійних здобутків та обсягів понесених витрат на здобуття освіти та ін.	А. Сміт, Д. Рікардо, Ж. Б. Сей, Р. Каптільйон, Ж. Кондорсе та ін.
Марксистська теорія	Кваліфікація інноваційного розвитку як найважливішої характеристики капіталістичної ринкової економіки та закономірного результату дії всезагального економічного закону адекватності виробничих відносин рівню й характеру продуктивних сил; обґрунтування трансформації інновацій з другорядного чинника економічного прогресу суспільства у вирішальний фактор структурної динаміки виробничих відносин і продуктивних сил під впливом антагоністичного загострення суперечностей між правами власності на засоби виробництва і сформованими новими технологіями виробничими відносинами; розкриття сутності процесу суспільного відтворення інновацій як механізму взаємодії науки, техніки, виробництва і підприємництва; обґрунтування досягнення інноваціями на певному етапі суспільного розвитку критичної маси, здатної не тільки «перезавантажити» економічну систему на принципово новій технологічній парадигмі, але й перевести її на якісно вищий щабель та ін.	К. Маркс, Ф. Енгельс, К. Каутський, Н. Зібер, П. Струве та ін.
Неокласична економічна теорія	Обґрунтування впливу науково-технічного прогресу на динаміку макроекономічного зростання країн на основі застосування математичного й економетричного інструментарію; виокремлення у структурі факторів виробництва й економічного розвитку країн екзогенного інноваційного чинника; широке застосування у дослідженнях мікро- й макроекономічних підходів; моделювання впливу на економічний розвиток країн інноваційних і кон'юнктурних чинників, у тому числі грошового фактору економічної рівноваги; здійснення економетричної інтерпретації впливу на макроекономічне зростання держав інвестицій, праці та технологічних інновацій; запровадження у науковий обіг понять епохальних (базисних) та поліпшуючих інновацій; розкриття взаємозв'язку макроекономічного зростання з інвестиціями у розвиток людського капіталу і витратами на дослідження і розробки та ін.	М. Бредлі, Ц. Гріліхіс, Е. Денісон, К. Ерроу, С. Кузнець, А. Маршалл, Р. Солоу, Я. Тінберген, М. Фрідмен, Р. Харрод та ін.

Інституціоналізм	Обґрунтування позаекономічних чинників інноваційного прогресу суспільства; кваліфікація інноваційної економіки через призму історико-логічного підходу як якісно нового етапу розвитку суспільно-економічної формації, що базується на високих технологіях та їх системному впровадженні в усі сфери людської життєдіяльності; обґрунтування ключової ролі знань й інформації у процесах розширеного відтворення суспільного продукту; розкриття характеру впливу науково-технічного прогресу на еволюцію соціальної структури суспільства; визначення механізмів впливу інституційних змін на інноватизацію економічної діяльності; обґрунтування необхідності підвищення гнучкості і децентралізації при ухваленні управлінських рішень із заміною жорсткої системи державного контролю запровадженням ефективних механізмів впровадження та ін.	Д. Белл, Дж.К.Гелбрейт, П. Друкер, Р. Коуз, Р. Нельсон, Д. Норт, Е. Тофлер, С. Уінтер та ін.
Еволюційна економічна теорія	Розкриття сутності поняття «інновації» та здійснення їх класифікації; трактування економіки як системи, що саморозвивається, у межах якої інновації є ендегенним фактором економічного прогресу і його основним драйвером, здатним забезпечити глибокі якісні зміни структурних підсистем економічної системи суспільства; кваліфікація підприємця як генератора інновацій, який впроваджує у суспільну практику результати науково-технічного прогресу та здатен у такий спосіб порушити рівноважний стан економічної системи суспільства, переводячи її на вищий щабель розвитку; обґрунтування циклічного характеру економічного розвитку, тісно пов'язаного із впровадженням інновацій; визначення рамок втручання держави у розвиток інноваційної економіки.	Г. Кассель, А. Кляйнкнехт, М. Кондратьєв, С. Кузнець, Е. Менсфілд, Г. Менш, Д. Сахал, Г. Хаберлер, Й. Шумпетер та ін.

Джерело: узагальнено та складено автором.

ДОДАТОК Б

Еволюція розвитку промислових революцій

Промислова революція, період панування	Характеристика	Автори концепції
<i>Індустрія 1.0</i> 1760-ті – 1840-ві роки	Аграрний переворот в Англії, витіснення англійських селян з земель, їх активний переїзд у міські агломерації і поповнення лав дешевої робочої сили; винайдення прядильної машини та механічного ткацького верстата, що стало головним драйвером переходу англійської текстильної промисловості від ручної до механізованої праці на основі інноваційних винаходів; зростання попиту на дешеві джерела енергії та масштабна дифузія досягнутих технологічних здобутків у межах економіки Англії; винайдення парової машини, яке започаткувало еру промислового освоєння інноваційних на той час методів добування кам'яного вугілля та виробництва чавуну і сталі та ін.	А. Сен-Симон, К. Маркс, Ф. Енгельс, Й. Шумпетер, Г. Гіббінс, І. Кулішер та ін.
<i>Індустрія 2.0</i> 1870-ті – 1920-ті роки	Кардинальні структурні зрушення в енергетичному і матеріально-ресурсному базисі індустріальної економіки на основі удосконалення конструкцій парових двигунів, багаторазового підвищення їх потужності, а також системного впровадження у суспільне виробництво теплової генерації електроенергії, гідравлічних і парових турбін; широке промислове застосування технологій крекінгу нафти та винайдення двигуна внутрішнього згоряння; докорінна зміна структури світового паливно-енергетичного балансу, формування якісно нових секторів національних економік країн; революційні зміни у світовому транспортному комплексі та засобах зв'язку; розбудова і системна модернізація національних транспортних систем держав; суттєве зниження вартості морських перевезень; перерозподіл світової економічної влади на користь держав західної цивілізації та ін.	Дж. Мокір, К. Зубков, Р. Х. Штротц, Р. Блум, Б. Крапстер, Х. Данкельберг, Ч. Глатфельтер, Н. Річардсон, Н. Шубарт, Р. Камерон та ін.
<i>Індустрія 3.0</i> 1960 р. – 2010 р.	Досягнення квантової електроніки та інформаційних технологій; динамічне поширення у світовому виробництві промислових роботів, електронно-обчислювальної техніки й автоматизованих систем управління виробництвом; активний розвиток засобів зв'язку і програмування логічних контролерів, створення мереж персональних комп'ютерів та поява перших модифікацій мобільних телефонів; руйнування вертикальних зв'язків великих корпоративних структур та їх переведення у горизонтальну площину; докорінна зміна традиційних централізованих бізнес-моделей; панування горизонтально організованих моделей взаємодії економічних суб'єктів, здатних в автономному режимі генерувати зелену енергію й обмінюватись нею каналами енергетичного інтернету та ін.	Дж. Ріфкін
<i>Індустрія 4.0</i> 2011 р. – дотепер	Цифровізація і вертикальна інтеграція виробничих процесів у рамках усієї організації та за усіма ланками сформованих нею вартісних ланцюгів; цифровізація і горизонтальна інтеграція кількох вартісних ланцюгів з виходом інтеграційних процесів за рамки однієї організації, долученням до них постачальників, споживачів й усіх ключових партнерів; цифровізація товарів і послуг способом їх доповнення інтелектуальними датчиками і засобами зв'язку; впровадження компаніями цифрових бізнес-моделей та розроблення комплексних технологічних рішень у межах цифрових екосистем, здатних суттєво розширити спектр пропонувананих ними товарів і послуг; технологічна платформізація бізнесу; злиття технологій та «розмивання» бар'єрів між фізичними, цифровими і біологічними світами та ін.	К. Шваб

Джерело: узагальнено і складено автором.

ДОДАТОК В

Організаційно-економічні та інституційні параметри венчурного фінансування нанотехнологій

Параметр венчурного фінансування нанотехнологій	Моделі венчурного фінансування нанотехнологій			
	Ринкова США, Великобританія, Канада, Ірландія, Австралія, Ізраїль та ін.	Державно- корпоративна Франція, Німеччина, Італія та ін.	Кластерна Швеція, Фінляндія, Данія та ін.	Мезокорпо-ративна Респ. Корея, Сінгапур, Китай
<i>Характеристики національних фінансових секторів</i>				
Ступінь розвитку національних фінансових ринків	Високий	Невисокий	Невисокий	Невисокий
Рівень концентрації банківського капіталу	Високий	Високий	Високий	Високий
Доступність венчурного капіталу	Висока	Низька	Висока	Середня
Рівень розвитку національних ринків злиттів і поглинань	Високий	Недостатній	Недостатній	Недостатній
<i>Структура загального обсягу інвестицій в інновації, %</i>				
Питома вага компаній корпоративного сектору	15-20	15-20	15-20	90-100
Питома вага банків і страхових компаній	Менше 20	40-60	20-30	40-60
Питома вага інституційних інвесторів	50-60	Менше 10	30-40	Менше 10
<i>Ключові риси венчурного фінансування наноінновацій</i>				
Ринкова	- орієнтація на підтримку нелінійних процесів створення наноінновацій; - створення сприятливих умов генерування інноваційних ідей на усіх етапах інноваційного циклу; - збут на ринку виробничих нанотехнологій та нанопродуктів для кінцевого споживання; - залучення спеціалістів високої кваліфікації на усіх етапах інноваційних процесів; - активне використання ефекту спіловеру нанотехнологій; - пряме фінансування державою інноваційних компаній на основі механізмів «участі у капіталі» та непрямої підтримки венчурної індустрії через створення правових й економічних умов; - розвинута система захисту прав інтелектуальної власності; - структурований фінансовий ринок та наявність широкого переліку фінансових продуктів для ризикового фінансування нанотехнологій; - розвинута система інституційних інвесторів в якості головного джерела довгострокового венчурного капіталу; - наявність високопрофесійних управлінців у сфері інновацій та ін.			
Державно-корпоративна	- висока якість державного адміністрування венчурного фінансування нанотехнологій; - наявність великих міжгалузевих компаній з розвинутими науково-дослідними підрозділами; - розвинута банківська система в якості стратегічного партнера корпоративного сектору; - високий рівень розвитку корпоративної культури венчурного фінансування нанотехнологій; - замкненість інноваційного циклу в межах компаній корпоративного сектору; - інкорпорація венчурних фондів та малого інноваційного бізнесу, а також їх афіліювання з банками, корпораціями та науково-дослідними інститутами та ін.			
Кластерна	- орієнтація на підтримку лінійних інноваційних процесів; - висока якість державного менеджменту у розбудові різноманітних форм коопераційного співробітництва ключових суб'єктів інноваційних процесів: малих і великих компаній, науково-дослідних інститутів, технопарків, бізнес-інкубаторів та університетів; - стійкі партнерські зв'язки між державою і бізнесом, сформовані на основі технологічної і науково-дослідної кооперації; - значна роль держави у стимулюванні коопераційної взаємодії усіх учасників інноваційних процесів та фінансуванні початкових стадій ДіР та ін.			
Мезокорпо-ративна	- великі багатогалузеві корпорації в якості ключових суб'єктів венчурного фінансування нанотехнологій та замкнення у їх рамках усіх етапів інноваційних процесів; - започаткування інноваційних процесів із зовнішнього запозичення наукових ідей чи технологічного рішення; - широкі можливості щодо оперативної концентрації ресурсів на ключових напрямках науково-технологічного прогресу; - зниження витрат на проведення нанотехнологічних ДіР за рахунок економії на масштабах та ін.			

Джерело: узагальнено і побудовано автором за даними [118, с. 276-285].

ДОДАТОК Г

Результати двофакторного аналізу за обраними країнами

Показник	США	Китай	Японія	Респ. Корея	Німеччина
Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	$y = -0,33395x^2 + 437,50461x - 79086,96181$ $R^2 = 0,97908$	$y = 60,56644x^{0,82345}$ $R^2 = 0,97639$	$y = 12,21004x^2 - 4485,15911x + 448936,13604$ $R^2 = 0,56214$	$y = -1,82764x^2 + 507,63738x + 435,44677$ $R^2 = 0,94429$	$y = 14885,50540\ln(x) - 25151,67698$ $R^2 = 0,23627$
Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	$y = 60546,76696\ln(x) - 7034,34031$ $R^2 = 0,66788$	$y = 1144,39738x^{2,68970}$ $R^2 = 0,92705$	$y = -43243,75000x^2 + 266998,12500x - 369773,79167$ $R^2 = 0,08204$	$y = 6714,52865x^{1,03230}$ $R^2 = 0,89554$	$y = 22453,38200e^{0,23939x}$ $R^2 = 0,29719$
Експорт високих технологій, млн дол. США	$y = 0,00001x^2 - 4,38223x + 434278,79137$ $R^2 = 0,50382$	$y = -0,00000x^2 + 0,03775x - 10495,72179$ $R^2 = 0,91437$	$y = 17827,54371e^{0,00001x}$ $R^2 = 0,84879$	$y = -0,00000x^2 + 0,77269x - 43145,75537$ $R^2 = 0,86153$	$y = 0,00001x^2 - 3,95949x + 419374,40256$ $R^2 = 0,43046$
Частка високо-технологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	$y = 1199,20257x^2 - 52050,70970x + 617325,76638$ $R^2 = 0,58851$	$y = 588504,33215e^{0,13962x}$ $R^2 = 0,12134$	$y = 665,90772x^2 - 20445,10238x + 193607,60760$ $R^2 = 0,24940$	$y = 979,95998x - 1973,70507$ $R^2 = 0,60055$	$y = 479996,20549x^{0,83840}$ $R^2 = 0,48042$
Кількість патентних заявок	$y = 20512,32708e^{0,0000x}$ $R^2 = 0,95241$	$y = 0,00000x^{1,90285}$ $R^2 = 0,97349$	$y = 0,00015x^2 - 19,36190x + 643370,81846$ $R^2 = 0,64962$	$y = 0,00399x^{1,47512}$ $R^2 = 0,89859$	$y = 3803,66875\ln(x) + 8442,49339$ $R^2 = 0,06015$
Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США	$y = 4324,71509x^{0,70568}$ $R^2 = 0,84801$	$y = 758,41205x^{0,73324}$ $R^2 = 0,97192$	$y = -57,08867x^2 + 2498,54159x + 14818,32353$ $R^2 = 0,06696$	$y = 481,35989x^2 - 6184,80833x + 43848,42281$ $R^2 = 0,51422$	$y = 43,08686x^2 - 754,26819x + 47393,56103$ $R^2 = 0,50062$

Джерело: розраховано і побудовано автором.

ДОДАТОК Д

**Результати багатofакторного аналізу впливу незалежних змінних
на ВВП на особу для Сполучених Штатів Америки**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	У	Х1	Х2	Х3	Х4	Х5	Х6
2010	48650	444,71	2,74	166039	22,61	248249	31,11
2011	50065	455,53	2,77	166463	20,61	255832	32,91
2012	51784	454,82	2,68	169065	20,16	274033	35,06
2013	53291	468,28	2,71	169222	20,18	283781	35,29
2014	55123	481,78	2,71	175881	20,47	293706	37,56
2015	56762	507,40	2,77	175244	21,38	301075	35,18
2016	57866	528,17	2,84	173922	22,41	310244	41,97
2017	59907	549,63	2,88	154545	19,26	313052	44,41
2018	62823	586,43	2,99	153808	18,47	312046	42,74
2019	65120	631,85	3,15	153923	18,67	336340	42,27
2020	63530	671,96	3,42	141539	19,48	327586	45,03
2021	70248	709,70	3,48	169217	19,89	329229	46,06

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,9997256
R Square	0,9994514
Adjusted R Square	0,9986284
Standard Error	229,8535
Observations	11

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	6	384983164,2	64163860,7	1214,4741	1,80467E-06
Residual	4	211330,5245	52832,63113		
Total	10	385194494,7			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	46081,332	6360,797805	7,244583717	0,0019269	28420,92628	63741,73814	28420,92628	63741,74
X1	145,62635	13,45045621	10,82687055	0,0004129	108,2818949	182,9708016	108,2818949	182,9708
X2	-22718,22	3058,481674	-7,42793953	0,0017537	-31209,9234	14226,51046	-31209,9234	-14226,5
X3	0,0939122	0,014298053	6,568180684	0,0027802	0,054214437	0,133609957	0,054214437	0,13361
X4	-478,3774	130,0487339	-3,67844695	0,0212329	-839,4505388	117,3041975	-839,4505388	-117,304
X5	-0,029369	0,01459852	-2,0118025	0,1145632	-0,069901328	0,01116265	-0,069901328	0,011163
X6	67,75829	42,54308176	1,592698196	0,1864462	-50,36024155	185,8768207	-50,36024155	185,8768

ДОДАТОК Е

**Результати багатфакторного аналізу впливу незалежних змінних
на ВВП на особу для Китаю**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	У	Х1	Х2	Х3	Х4	Х5	Х6
2010	4550	208,28	1,7	474350	32,12	98111	13,04
2011	5614	237,04	1,8	540170	30,48	110583	14,71
2012	6300	274,61	1,9	593860	30,84	117464	17,75
2013	7020	309,21	2,0	655900	31,57	120200	21,03
2014	7636	336,25	2,0	653850	29,69	127042	22,61
2015	8016	366,08	2,1	652210	30,42	133612	22,02
2016	8094	399,39	2,1	594520	30,24	133522	23,98
2017	8817	430,33	2,1	654160	30,90	135885	28,98
2018	9905	464,71	2,1	731320	31,54	148187	35,78
2019	10143	517,07	2,2	715300	30,81	157093	34,37
2020	10408	566,59	2,4	757460	31,27	152342	37,87
2021	12556	622,10	2,4	942310	29,95	159019	44,47

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,997783
R Square	0,995572
Adjusted R Square	0,988929
Standard Error	213,7707
Observations	11

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	6	41095203	6849200,427	149,8799638	0,000117
Residual	4	182791,6	45697,90553		
Total	10	41277994			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	4306,347	5002,029	0,860920082	0,437828469	-9581,51	18194,2	-9581,51	18194,2
X1	4,715175	8,882228	0,530854951	0,623625812	-19,9458	29,37619	-19,9458	29,37619
X2	-428,982	2412,375	-0,177825539	0,867502236	-7126,81	6268,846	-7126,81	6268,846
X3	0,004089	0,002502	1,634608756	0,177470255	-0,00286	0,011035	-0,00286	0,011035
X4	-182,553	159,066	-1,147658587	0,31508263	-624,192	259,0846	-624,192	259,0846
X5	0,03102	0,019673	1,576809142	0,189970885	-0,0236	0,08564	-0,0236	0,08564
X6	67,08155	85,71974	0,782568292	0,477615927	-170,915	305,0777	-170,915	305,0777

ДОДАТОК Ж

**Результати багатфакторного аналізу впливу незалежних змінних
на ВВП на особу для Японії**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	44968	153,24	3,1	129810	19,08	54517	18,77
2011	48760	158,24	3,2	133090	18,34	55030	19,17
2012	49145	158,83	3,2	129200	18,20	55783	19,90
2013	40898	167,39	3,3	111060	17,72	56705	17,83
2014	38475	172,44	3,4	107370	17,75	60030	20,94
2015	34960	168,51	3,2	98250	18,01	59882	17,03
2016	39375	162,76	3,1	99100	17,59	58137	20,25
2017	38834	168,67	3,2	106180	17,27	58189	21,38
2018	39727	172,59	3,2	110740	17,00	59937	21,99
2019	40458	171,84	3,2	103900	18,60	62597	26,77
2020	39918	167,14	3,3	102750	17,97	61124	28,55
2021	39312	173,30	3,3	116510	13,37	66748	29,65

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,988125
R Square	0,97639
Adjusted R Square	0,940976
Standard Error	1038,089
Observations	11

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	6	1,78E+08	29710758,69	27,5705112	0,00324
Residual	4	4310513	1077628,14		
Total	10	1,83E+08			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	44892,1	24985,8	1,796704291	0,146800339	-24479,6	114263,8	-24479,6	114263,8
X1	-144,484	133,6475	-1,081083112	0,340484758	-515,549	226,581	-515,549	226,581
X2	-4041,99	5081,741	-0,795395279	0,470914841	-18151,2	10067,18	-18151,2	10067,18
X3	0,286087	0,044375	6,447029893	0,002979048	0,162882	0,409292	0,162882	0,409292
X4	656,1451	385,6916	1,70121682	0,164120754	-414,707	1726,997	-414,707	1726,997
X5	-0,29653	0,333101	-0,890202817	0,423660702	-1,22137	0,62831	-1,22137	0,62831
X6	351,846	154,8244	2,27254903	0,085486651	-78,0154	781,7075	-78,0154	781,7075

ДОДАТОК И

**Результати багатofакторного аналізу впливу незалежних змінних
на ВВП на особу для Респ. Корея**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	23079	55,17	3,3	132080	32,07	38296	9,18
2011	25097	61,96	3,6	133460	28,18	40890	7,42
2012	25459	68,02	3,9	130650	28,22	40779	8,62
2013	27179	72,01	4	143470	29,82	44611	9,84
2014	29252	76,69	4,1	149050	30,06	46219	10,55
2015	28737	76,92	4	147040	31,21	46419	10,12
2016	29280	79,36	4	135900	30,52	45406	9,43
2017	31600	88,14	4,3	166650	32,54	45691	9,70
2018	33447	95,44	4,5	192790	36,39	47431	9,81
2019	31902	99,97	4,6	153550	32,40	47372	9,91
2020	31721	102,88	4,8	163940	35,72	46282	9,89
2021	35142	110,10	4,9	204980	36,13	51753	11,12

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,995799
R Square	0,991616
Adjusted R Square	0,979039
Standard Error	463,8015
Observations	11

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	6	1,02E+08	16960788,88	78,8463813	0,000417
Residual	4	860447,3	215111,8237		
Total	10	1,03E+08			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	47529,13	14623,78	3,250126192	0,031371992	6927,009	88131,26	6927,009	88131,26
X1	503,7151	123,2297	4,08761077	0,015004476	161,5746	845,8556	161,5746	845,8556
X2	-14329,9	4078,524	-3,513509376	0,024593779	-25653,7	-3006,13	-25653,7	-3006,13
X3	0,061651	0,019889	3,099821176	0,036227392	0,006432	0,116871	0,006432	0,116871
X4	26,16546	180,6755	0,144820147	0,891856869	-475,47	527,8012	-475,47	527,8012
X5	-0,60152	0,325628	-1,847270728	0,138426623	-1,50561	0,302565	-1,50561	0,302565
X6	1815,194	658,7368	2,755567123	0,051081493	-13,7531	3644,14	-13,7531	3644,14

ДОДАТОК К

**Результати багатofакторного аналізу впливу незалежних змінних
на ВВП на особу для Німеччини**

Рік	ВВП на особу, тис дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, млрд дол. США	Валові внутрішні витрати на ДіР, % від ВВП	Експорт високих технологій, млн дол. США	Частка високотехнологічного експорту у загальному експорті промислової продукції, %	Кількість патентних заявок	Збори за використання інтелектуальної власності, млрд дол. США
	У	X1	X2	X3	X4	X5	X6
2010	41572	97,65	2,7	179570	16,88	12198	7,12
2011	46706	104,29	2,8	202280	16,33	12458	7,41
2012	43855	107,56	2,9	202760	17,22	14720	6,40
2013	46299	106,32	2,8	209260	17,29	15814	8,70
2014	48023	110,28	2,9	215610	17,20	17811	10,73
2015	41103	114,10	2,9	199430	17,82	19509	10,12
2016	42136	116,90	2,9	205080	18,08	19419	11,30
2017	44652	124,39	3,0	195690	15,84	19927	14,36
2018	47939	128,21	3,1	209720	15,74	21281	16,37
2019	46793	131,97	3,2	208150	16,38	20802	16,96
2020	46772	125,57	3,1	182350	15,49	19845	17,30
2021	51203	129,00	3,1	211890	15,38	18747	21,57

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,985841
R Square	0,971882
Adjusted R Square	0,929706
Standard Error	759,4073
Observations	11

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	6	79734078	13289012,97	23,04322084	0,004568
Residual	4	2306798	576699,4578		
Total	10	82040876			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	55122,07	15545,31	3,545896206	0,02388647	11961,36	98282,78	11961,36	98282,78
X1	-505,3	151,4443	-3,336537811	0,028928875	-925,776	-84,8228	-925,776	-84,8228
X2	15562,47	6760,099	2,302106996	0,082747051	-3206,57	34331,51	-3206,57	34331,51
X3	0,14363	0,029505	4,867946526	0,008231887	0,06171	0,225549	0,06171	0,225549
X4	-2098,14	543,9378	-3,857314067	0,018188821	-3608,35	-587,926	-3608,35	-587,926
X5	0,092885	0,245935	0,37768193	0,724852758	-0,58994	0,775711	-0,58994	0,775711
X6	631,9376	169,0672	3,737790376	0,020159759	162,5319	1101,343	162,5319	1101,343

ДОДАТОК Л

**Головні структурні підрозділи Національної академії наук України,
які проводять нанотехнологічні дослідження і розробки:**

- Інститут технічної механіки;
 - Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова;
 - Інститут магнетизму;
 - Інститут фізики;
 - Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова;
 - Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б. І. Веркіна;
 - Інститут електронної фізики;
 - Інститут фізики конденсованих систем;
 - Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова;
 - Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона;
 - Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля;
 - Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича;
 - Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка;
 - Інститут газу;
 - Інститут геохімії навколишнього середовища;
 - Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»;
 - Інститут хімії високомолекулярних сполук;
 - Фізико-хімічний інститут ім. О. В. Богатського;
 - Інститут фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського;
 - Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського;
 - Інститут хімії високомолекулярних сполук;
 - Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського;
 - Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В. П. Кухаря;
 - Інститут сорбції та проблем ендоекології;
 - Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка;
 - Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка;
 - Інститут біоколоїдної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка;
 - Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця;
 - Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного;
 - Інститут біохімії ім. О. В. Палладіна;
 - Інститут молекулярної біології і генетики;
 - Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького;
 - Інститут проблем кріобіології і кріомедицини;
 - Інститут біології клітини;
 - Інститут харчової біотехнології та геноміки
- Джерело: [218].*

ДОДАТОК М

До спеціалізованої вченої ради
Київського національного
економічного університету
імені Вадима Гетьмана

Вих. № 23
Від «08» лютого 2024

Про впровадження результатів
дисертаційної роботи
Нікітіна Д. В.

ДОВІДКА

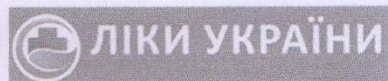
ТОВ «Науково-дослідний інститут регіонального управління» розглянуло висновки та рекомендації дисертаційної роботи Нікітіна Дмитра Віталійовича на тему: «Нанотехнологічні інновації у структурній динаміці глобальної економіки», викладені ним у доповідній записці. Зазначено, що вони представляють значний практичний інтерес для органів виконавчої влади, зокрема, в частині запропонованих автором механізмів реалізації регіональної інноваційної політики, розбудови регіональної інноваційної інфраструктури та підвищення інноваційної конкурентоспроможності регіонів, а також використання зарубіжного досвіду державного стимулювання процесів розробки і комерціалізації нанотехнологій та диверсифікації участі суб'єктів господарювання у міжнародному науково-технологічному трансфері.

Директор
ТОВ «Науково-дослідний
інститут регіонального управління»



Максименко А.В.

ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО
“Державна акціонерна компанія “ЛІКИ
УКРАЇНИ”



Адреса: 04075, м. Київ, вул. Максименка Федора, 28
тел.: +38 067 218 46 16

likiukraine@ukr.net

The state joint-stock company «Liki Ukrainy» 28, Maksymenka Str., Kyiv 04075

Вих. № 186

Від «15» 01 2024

До спеціалізованої вченої ради
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана

ДОВІДКА
ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів дисертаційної роботи
Нікітіна Дмитра Віталійовича на тему:
«Нанотехнологічні інновації
у структурній динаміці глобальної економіки»

Публічне акціонерне товариство «Державна акціонерна компанія «Ліки України» розглянуло висновки і рекомендації дисертаційної роботи «Нанотехнологічні інновації у структурній динаміці глобальної економіки» Нікітіна Дмитра Віталійовича, викладені ним у доповідній записці. Відзначено, що вони представляють значний практичний інтерес для українських фармкомпаній в частині обґрунтування автором механізмів технологічної кластеризації вітчизняного фармсектору, адаптації зарубіжного досвіду державної фінансової підтримки інноваційної діяльності фармацевтичних підприємств за умов неоіндустріальної трансформації національних економік, а також розбудови у вітчизняній фарміндустрії загальнонаціональної інфраструктурної мережі підтримки інноваційних

розробок суб'єктів господарювання (іннолабів, стартап-шкіл, венчурних фондів, центрів інтелектуальної власності, інноваційних акселераторів, бізнес-інкубаторів та ін.).

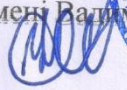
Т.в.о. Голови правління
ПАТ «ДАК «Ліки України»



Курбет А.О.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана


«20» грудня 2023 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Проректор з наукової роботи
Київського національного економічного університету
імені Вадима Гетьмана


«20» грудня 2023 р.

**ДОВІДКА**

про впровадження результатів дисертаційної роботи
Нікітіна Дмитра Віталійовича на тему:
«Нанотехнологічні інновації
у структурній динаміці глобальної економіки»
у навчальний процес у Київському національному
економічному університеті імені Вадима Гетьмана

Деканат факультету міжнародної економіки і менеджменту Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана підтверджує, що ціла низка наукових положень і висновків дисертаційної роботи Нікітіна Дмитра Віталійовича використовується у навчальному процесі при викладанні нормативних та спеціальних дисциплін для бакалаврів і магістрів з міжнародної економіки:

- **Міжнародна економіка** (розкриття генезису та еволюції теорій інноваційного розвитку; обґрунтування економічного змісту нанотехнологічних трансформацій світового господарства; комплексна характеристика циклічності промислових революцій та базових технологій Індустрії 4.0).

- **Міжнародний менеджмент** (узагальнення конкурентних переваг міжфірмового науково-технологічного трансферу; комплексна характеристика процесів розбудови багатонаціональними підприємствами корпоративних платформ відкритих інновацій; розкриття трансформаційних змін корпоративних стратегій і бізнес-моделей інноватизації фінансово-господарської діяльності БНП).

- **Європейська інтеграція** (узагальнення національних стратегій, програм й ініціатив щодо державної підтримки нанотехнологічного сектору у країнах-членах Європейського Союзу; оцінка ефективності реалізовуваних у ЄС рамкових програм інноваційного розвитку даного інтеграційного блоку, а також інноваційної діяльності компаній малого і середнього бізнесу).

Декан факультету MEiM,
к.е.н., доцент



Ю. М. Солодковський

ДОДАТОК П

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та / або Web of Science:

1. Nikitin D., Otenko I., Hrabynskyi I., Lytvynenko A., Povoroznyk, M., The impact of the Covid-19 pandemic on the dynamics of financial instruments in the world trade. *Transactions on Business and Economics*. 2022. Vol. 19. P. 1748-1763. DOI 10.37394/23207.2022.19.158 (**Scopus**) (1 д.а., особисто автору належить 0,2 д. а.: обґрунтування впливу пандемії Covid-19 на зміну структури нанотехнологічного сектору).

2. Nikitin D., Kafka S., Bagatska K., Sapiński A., Zaitsev O. Mathematical modelling justification of financial and economic parameters of enterprises. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*. 2019. Vol. 9 (1). P. 6273-6277. DOI 10.35940/ijeat.A2149.109119 (**Scopus**) (0,6 д. а., особисто автору належить 0,1 д. а.: оцінка впливу інновацій на економічні параметри компанії).

У наукових фахових виданнях України:

3. Нікітін Д. Світові промислові революції як основа нанотехнологічних трансформацій. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 61-65. URL: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2022-3-11> (0,7 д. а.).

4. Нікітін Д. В. Теоретико-методологічні витoki інноваційних теорій. *Бізнес Інформ*. 2022. №5. С. 4-10. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-5-4-10> (0,8 д. а.).

5. Нікітін Д. Нанотехнологічне лідерство країн в контексті глобальних структурних трансформацій. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. №9 (09). С. 26-30. URL: <https://doi.org/10.32782/dees.9-5> (0,7 д. а.).

6. Нікітін Д. Нанотехнологічний сегмент глобального ринку: азійська модель. *Економіка та суспільство*. 2023. №57. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-57-62> (0,6 д. а.).

7. Нікітін Д. Інноваційні екосистеми нанотехнологічних мереж в світових координатах. *Ефективна економіка*. 2024. №2. URL: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.91> (0,6 д. а.).

8. Нікітін Д. Глобальні тренди структуризації світового ринку нанотехнологій. *Економічний простір*. 2024. №189. С. 104-108. URL: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-19> (0,7 д. а.).

9. Нікітін Д. В. Диспозиція України на ринку нанотехнологій. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*. 2024. №2 (43). URL: <http://www.easterneurope-ebm.in.ua/index.php/vipusk-43-2024> (0,5 д. а.).

В інших виданнях:

10. Нікітін Д. В. Вплив нанотехнологічних інновацій на динаміку глобального розвитку: дуалістичний підхід. *Colloquium-journal*. 2022. №17 (140), Część 2: Warszawa, Polska. С. 4-7. URL: <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/1589502> (0,5 д. а.).

11. Нікітін Д. В. Циклічність промислових революцій в контексті еволюції розвитку інноваційних теорій. *Стратегічні пріоритети розвитку економіки, фінансів, обліку і права в Україні та світі*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 15 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 11-12. (0,1 д.а.) (форма участі – дистанційна).

12. Нікітін Д. В. Аналіз системи глобальних видатків на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій. *Шістдесят шості економіко-правові дискусії. Сер.: Соціальні та гуманітарні науки* (21.06.–22.06.2022 р.). URL: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-3983> (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

13. Нікітін Д. В. Нанотехнологічні пріоритети конкурентного розвитку ЄС у глобальних координатах. *Ефективне управління як двигун фінансово-економічного розвитку*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Суми, 17 грудня 2023 р.). Східноєвропейський центр наукових досліджень. Research Europe, 2023. С. 67-69 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

14. Нікітін Д. В. Формування державної політики у сфері підтримки нанотехнологій. *Modern strategies of global scientific solutions*: матеріали V міжнародної науково-практичної конференції (м. Стокгольм (Швеція), 27-29 грудня 2023 р.). С. 149-151 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

15. Нікітін Д. В. Повоєнна розбудова нанотехнологічного ринку в Україні. *Розвиток міжнародних економічних відносин в умовах глобальних викликів*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 3-4 травня 2024 р.). С. 152-155 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

16. Нікітін Д. В. Нанотехнологічний сегмент вітчизняної інноваційної системи в контексті євроінтеграції. *Розвиток бізнесу в контексті європейської інтеграції: глобальні виклики, стратегічні пріоритети, реалії та перспективи*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 07 червня 2024 р.). С. 403-406 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

17. Нікітін Д. В. Транснаціональні механізми повоєнної розбудови в Україні нанотехнологічного сектора економіки. *Війна в Україні – виклик євроатлантичним цивілізаційним цінностям*: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Ужгород, 24-25 червня 2024 р.). С. 92-96 (0,2 д. а.) (форма участі – дистанційна).