

УДК 339.13:620.3](5)

DOI: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/189-19>**Нікітін Д.В.**аспірант кафедри міжнародного обліку і аудиту,
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8964-8038>**Nikitin Dmytro**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

ГЛОБАЛЬНІ ТРЕНДИ СТРУКТУРИЗАЦІЇ СВІТОВОГО РИНКУ НАНОТЕХНОЛОГІЙ

У статті розглядається актуальна проблематика глобальних трендів структуризації світового ринку нанотехнологій, і відзначається стрімке нарощування капіталізації нанотехнологічного сегменту світового ринку. Відзначено неухильне нарощування масштабів залучення нанотехнологій і наноматеріалів у світогосподарський обіг як на рівні окремих його секторів, так і міжсекторальних та територіально-просторових комплексів, що породжує потужні синергетично-кумулятивні ефекти розвитку міжнародної економічної системи та її переведення на якісно вищий щабель технологічного розвитку. Обґрунтовано, що нанотехнології вже у найближчі десятиліття не тільки детерминуватимуть ресурсну безпеку багатьох країн світу, але й закладуть, якісно нові параметри їх міжнародної конкурентоспроможності та стратифікаційного поділу за рівнем науково-технічного й інноваційного розвитку. Доведено, що світовий ринок нанотехнологій, на тлі високих темпів приросту його капіталізації в останнє десятиліття характеризується глибокими структурними асиметріями. Актуалізовано глобальний тренд структуризації світового ринку нанотехнологій, що полягає в зростанні витрат бізнес-сектору на дослідження і розробки у сфері нанотехнологій.

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

GLOBAL TRENDS IN THE STRUCTURING OF THE WORLD NANOTECHNOLOGY MARKET

The article examines the current issues of global trends in the structuring of the world market of nanotechnology, and notes the rapid increase in the capitalization of the nanotechnology segment of the world market. The steady increase in the scale of the involvement of nanotechnology and nanomaterials in the world economy was noted both at the level of its individual sectors and intersectoral and territorial-spatial complexes, which generates powerful synergistic and cumulative effects of the development of the international economic system and its transfer to a qualitatively higher level of technological development. It is well-founded that nanotechnologies in the coming decades will not only determine the resource security of many countries of the world, but will also establish qualitatively new parameters of their international competitiveness and stratification by the level of scientific, technical and innovative development. It has been proven that the world market of nanotechnology, against the background of high growth rates of its capitalization in the last decade, is characterized by deep structural asymmetries. The global trend of the structuring of the world nanotechnology market has been updated, which consists in the growth of business sector costs for research and development in the field of nanotechnology. It has been proven that a notable feature of scientific research in the field of nanotechnological developments is the rapid dynamization of international co-authorship ties in publishing activities. It has been confirmed that the rapid structural dynamics of the nanotechnology segment of the global market in the last two decades fundamentally transforms the world production system based on the significant expansion of technological platforms for national industrial sectors, the field of biomedicine and ecology. These transformative shifts are caused primarily by broad opportunities for manipulation at the basic level of organization of atoms and molecules of substances, active development of transdisciplinary scientific research, deep convergence of science and education, engineering and technological systems.

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

JEL classification: O31

Постановка проблеми. 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 якіс-

ний 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості розвитку нанотехнологій як новітнього феномена світової економіки знайшли своє відображення в публікації як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Серед яких можемо відзначити О.М. Фесенко, С.В. Ковальчук, Нищик Р.А., К. Шваб, Р. Фейнман, М. Андерсен, Н. Линдер, І. Тарасов, К. Павлов, С. Іванов, В. Карасюк та інші. Однак ряд аспектів цієї багатогранної науко-

вої проблеми залишається недостатньо розкритим, зокрема необхідність уточнення та характеристики трендів світового ринку нанотехнологій в контексті глобальних структурних трансформацій.

Метою статті є уточнення глобальних трендів структуризації світового ринку нанотехнологій.

Вклад основних результатів дослідження. 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 [1] до майже 79,2 млрд дол. США [2]. Це засвідчує доволі високі темпи її щорічного приросту з перспективним трендом збільшення до 248,6 млрд на період до 2030 р. (рис. 1) та сукупним середньорічним темпом приросту (англ. – Compound Annual Growth Rate – CAGR) на рівні 17,8% у період 2022–2030 рр. [2].

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 прогностичних оцінках щодо масштабів глобального нововиробництва та місткості світового наноринку з причин відсутності чітких і транспарентних правил реєстрації та маркування нанопродуктів, а також недостатньої диференціації залучених у міжнародний обмін товарів, що містять у 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 Avicenn 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. 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) [5].

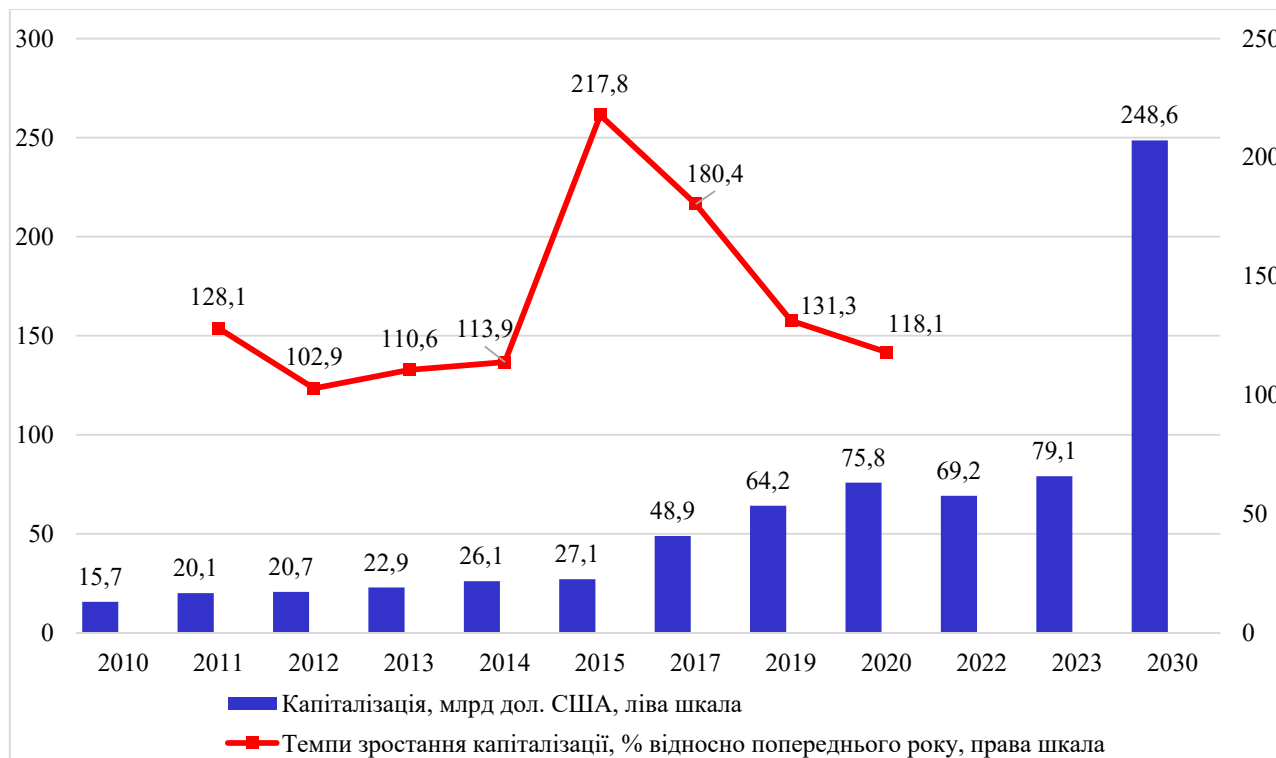


Рис. 1. Динаміка капіталізації глобального ринку нанотехнологій у 2010–2023 рр. з прогнозом до 2030 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано автором за даними [3; 4]

Таким чином, з урахуванням масштабної тінізації 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. [6]. Загальна ж кількість споживчих нанотехнологічних товарів, зареєстрованих у реєстрі Nanodatabase, становила станом на кінець 2023 р. майже 5,4 тис. найменувань (рис. 2), вироблених 626 компаніями з 55 країн світу. Водночас на продукцію, вироблену з використанням нанотехнологій, припадає нині близько 0,5% глобального валового внутрішнього продукту.

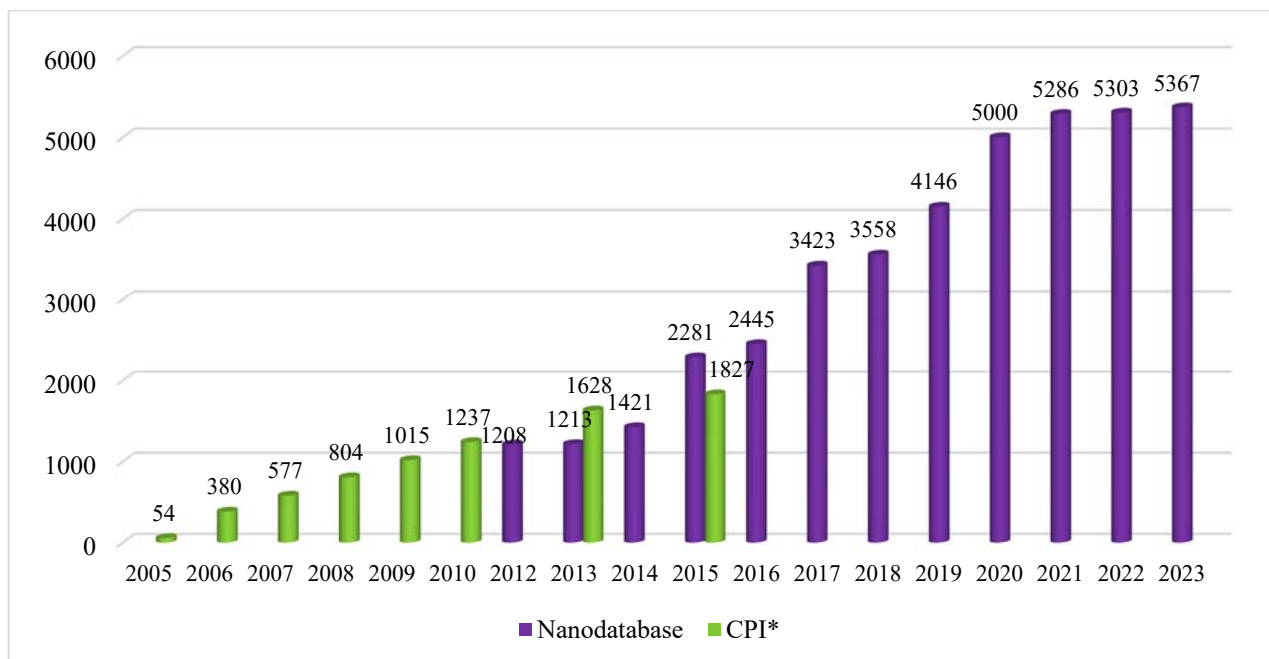
Своєю чергою, станом на 2021 р. у Сполучених Штатах Америки функціонували 1030 нанокомпаній, котрі займаються розробленням та комерціалізацією нанотехнологій і наноматеріалів. У Респ. Корея їх налічується 880, Канаді – 598, Франції – 443, Італії – 176, Японії – 187, Швейцарії – 112, Норвегії – 86, Бельгії – 83, Польщі – 74, Чехії – 71, Литві – 62, Португалії – 61, Данії – 52. 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 [7, с. 173]. Саме вони розробили на сьогодні сотні найменувань наноструктурованих продуктів конструкційного і функціонального призначення, опанувавши десятками способів їх отримання та серійного виробництва.

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 нанокмполімерів тощо [8, 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, відкривають 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



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

Рис. 2. Кількість споживчих товарів, заявлених у Nanodatabase і CPI в якості нанотехнологічної продукції, одиниць
Джерело: побудовано автором за даними [6]

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. 3-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 [9, 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. [10]. 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%, 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 нанофотоники 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 нанофотоники 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 [11, с. 31].

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. 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.

Висновки. 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.

Список використаних джерел:

1. Nanotechnology Market Size to Reach USD 290.93 Billion in 2028. Emergen Research. 2021. URL: <https://www.medgadget.com/2021/10/nanotechnology-market-size-to-reach-usd-290-93-billion-in-2028-emergen-research.html>
2. 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).
3. 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/>
4. 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).
5. 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).
6. STATNANO: Nano Science, Technology and Industry. URL: <https://statnano.com/statnano.com>
7. The Nanodatabase. URL: <https://nanodb.dk/> (дата звернення 30.12.2023).
8. 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.
9. Бутко Б.О. Тенденції розвитку світового ринку нанотехнологій та нанопродукції. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*. 2019. Том 30 (69). № 4. С. 7–12.
10. Number of firms active in nanotechnology, 2008-21. 2009-21. OECD Key Nanotech Indicators. November 2023. URL: <http://oe.cd/kni> (дата звернення: 28.11.2023).
11. Terekhov A. Research in Nanophotonics in a Global Context. *World Economy and International Relations*. 2019. Vol. 63. No. 4. P. 29–39.

References:

1. Emergen Research (2021) Nanotechnology Market Size to Reach USD 290.93 Billion in 2028. Available at: <https://www.medgadget.com/2021/10/nanotechnology-market-size-to-reach-usd-290-93-billion-in-2028-emergen-research.html>
2. Fortune business insights (2023) 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%. Available at: <https://www.fortunebusinessinsights.com/nanotechnology-market-108466> (accessed November 28, 2023).
3. Statista (2023) Market value of nanotechnology worldwide from 2010 to 2020 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic portal. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1073886/global-market-value-nanotechnology/>
4. The Nanodatabase (2023) Unlabeled nano substances found in 20 out of 23 substances sold in the French market. Available at: <https://nanodb.dk/en/news/unlabeled-nano-substances-found-in-20-out-of-23-substances-sold-in-the-french-market/> (accessed December 30, 2023).
5. The Nanodatabase (2023) REACH committee to debate restriction proposal on microplastics excludes nanoparticles. Available at: <https://nanodb.dk/en/news/reach-committee-to-debate-restriction-proposal-on-microplastics-excludes-nanoparticles/> (accessed December 30, 2023).
6. STATNANO (n/d) Nano Science, Technology and Industry. Available at: <https://statnano.com/statnano.com>
7. The Nanodatabase (n/d). Available at: <https://nanodb.dk/>
8. Fesenko O.M., Kovalchuk S.V., Nyshchuk R. A. (2017) Problemy ta perspektyvy rozvytku nanotekhnolohii v Ukraini ta sviti. [Problems and prospects of nanotechnology development in Ukraine and the world] *Marketing and innovation management*, no. 1, pp. 170–179. (in Ukrainian)
9. Butko B.O. (2019) Tendentsii rozvytku svitovoho rynku nanotekhnolohii ta nanoproduktsii. [Trends in the development of the world market of nanotechnology and nanoproducts. *Scientific notes of TNU named after V. I. Vernadskyy. Series: Economics and management*, vol. 30 (69), no. 4, pp. 7–12. (in Ukrainian)
10. OECD (2023) Number of firms active in nanotechnology, 2008-21. Key Nanotech Indicators. Available at: <http://oe.cd/kni> (accessed November 28, 2023).
11. Terekhov A. (2019) Research in Nanophotonics in a Global Context. *World Economy and International Relations*, vol. 63, no. 4, pp. 29–39.