

НАНОТЕХНОЛОГІЧНЕ ЛІДЕРСТВО КРАЇН В КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ СТРУКТУРНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

NANOTECHNOLOGICAL LEADERSHIP OF COUNTRIES IN THE CONTEXT OF GLOBAL STRUCTURAL TRANSFORMATIONS

У статті актуалізовано проблематику нанотехнологічного лідерства країн та доведено, 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. Констатовано, що станом на тепер більше шістдесят 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. Виявлено, що останні два десятиліття у США 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. Доведено, що попри величезні зусилля об'єднаної Європи у розвитку нанотехнологічного сектора регіональної економіки, вона так і не змогла досягти глобального лідерства у цій сфері через низьку підтримку нанотехнологічних розробок з боку бізнес-структур, слабо вираженій науково-технологічній спеціалізації Євросоюзу за даними напрямом глобального інноваційного прогресу, а також певному «розпорошенню» наукових зусиль даного блоку за різними векторами розвитку наноіндустрії.

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

The article updates the issues of nanotechnological leadership of countries and proves that in the last two decades nanotechnologies have turned into an established material core of building a qualitatively new economic system in the world economy, based on deep and close interactions between all participants in innovation processes. It has been established that a similar role of nanotechnology in the global innovation progress is among the priority tasks of the national governments of states that claim scientific and technological leadership, scaling up and diversifying the current toolset of state stimulation of the nanotechnology sectors of their economies. It is obvious that nanotechnology represents an innovation that can provide completely new and, in many cases, unique properties. This will manifest itself in radical changes in the scientific and technological potential of national economies and their competitiveness in various segments of the global market. It was established that, as of now, more than sixty countries of the world are actively implementing special programs of state support for national nanotechnology industries into national economic practice, primarily on the basis of the constant increase in the amount of state capital investments in this sector. It was revealed that over the past two decades, the USA has seen a steady increase in investments both in fundamental nanotechnological research, capable of providing fundamentally new innovative discoveries, and in applied R&D designed for the market promotion of nanotechnologies and their inclusion in international economic circulation. It has been proven that despite the enormous efforts of the united Europe in the development of the nanotechnology sector of the regional economy, it has not been able to achieve global leadership in this field. The main reasons for the significant lag behind the EU in the nanotechnological sphere lie primarily in the significantly lower support for nanotechnological developments from business structures compared to the same USA, the weakly expressed scientific and technological specialization of the European Union according to the direction of global innovation progress, as well as a certain "dispersion" scientific efforts of this block on various vectors of nanotechnology development

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

УДК 339.9:330.341.1

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.9-5>

Нікітін Д.В.¹

аспірант кафедри міжнародного обліку і аудиту, Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Nikitin Dmytro

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

Постановка проблеми. 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.

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

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8964-8038>

Однак ряд аспектів цієї багатогранної наукової проблеми залишається недостатньо розкритим, зокрема необхідність оцінки нанотехнологічного лідерства країн в контексті глобальних структурних трансформацій.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є позиціонування країн нанотехнологічного сегменту глобального ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження. 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, забезпечує динамічне нарощування капіталізації глобального ринку

нанотехнологій та диверсифікацію їх продуктово-вимогової структури. Достатньо сказати, що станом на тепер більше шістдесят 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. 1, 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.

Специфічне місце у сучасних процесах фінансування нанотехнологічних розробок посідають Сполучені Штати Америки, де з 2000 р. реалізується Національна нанотехнологічна ініціатива (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. 1, у період 2001–2023 рр. річний Президентський бюджет NNI 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

Таблиця 1

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 [1]

станом на 2021 р. [2]. 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 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 [3].

Важливо зазначити, що головними розпорядниками державного фінансування ДіР у сфері нанотехнологій є Національна наукова фундація та Міністерство оборони США, на які в сукупності стабільно припадає біля 40% його загальних обсягів (рис. 2). Значні кошти спрямовуються також в американські університети, на базі яких 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.

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 інноваційне лідерство країн на найближчі десятиліття. Наголосимо, що подібного роду статус університетів значною мірою забезпечується *диверсифікованими форматами їх колабораційної взаємодії з урядами штатів*, а саме: 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.

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

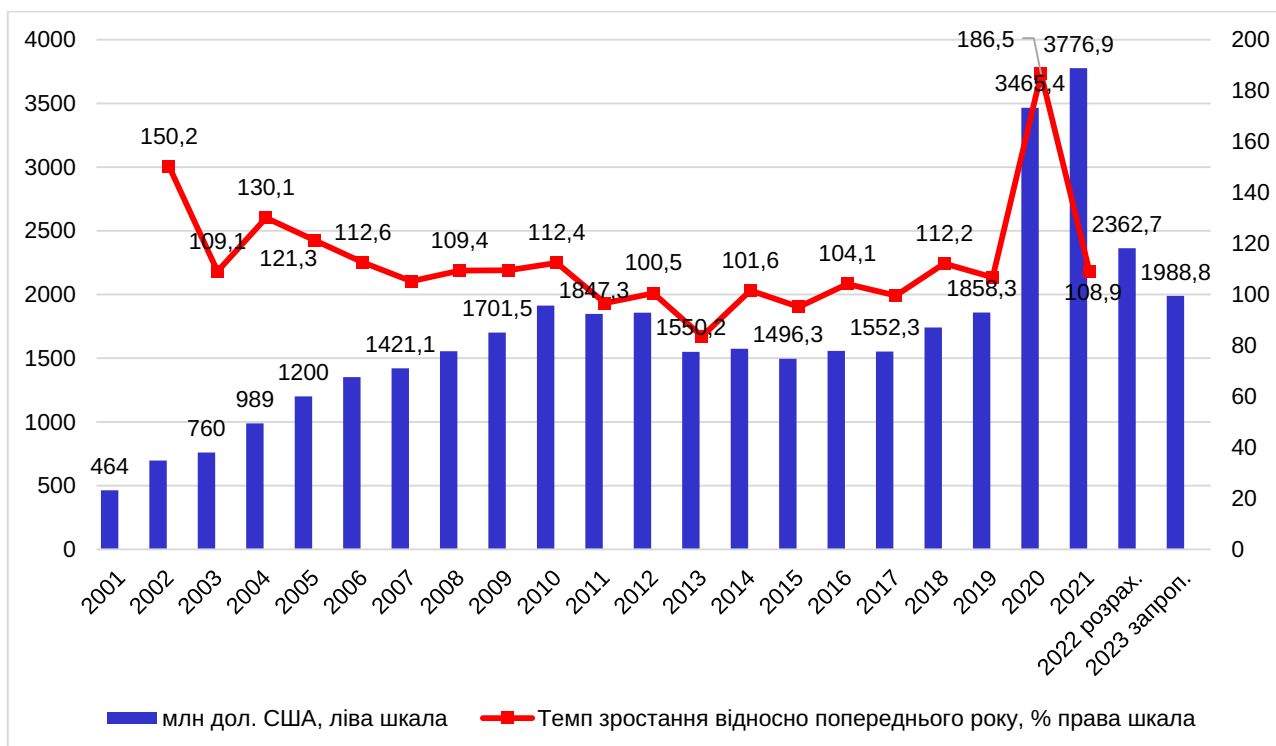


Рис. 1. Річний Президентський бюджет Національної нанотехнологічної ініціативи США у 2001–2023 рр.

Джерело: розраховано і побудовано автором за даними [4; 5; 6]

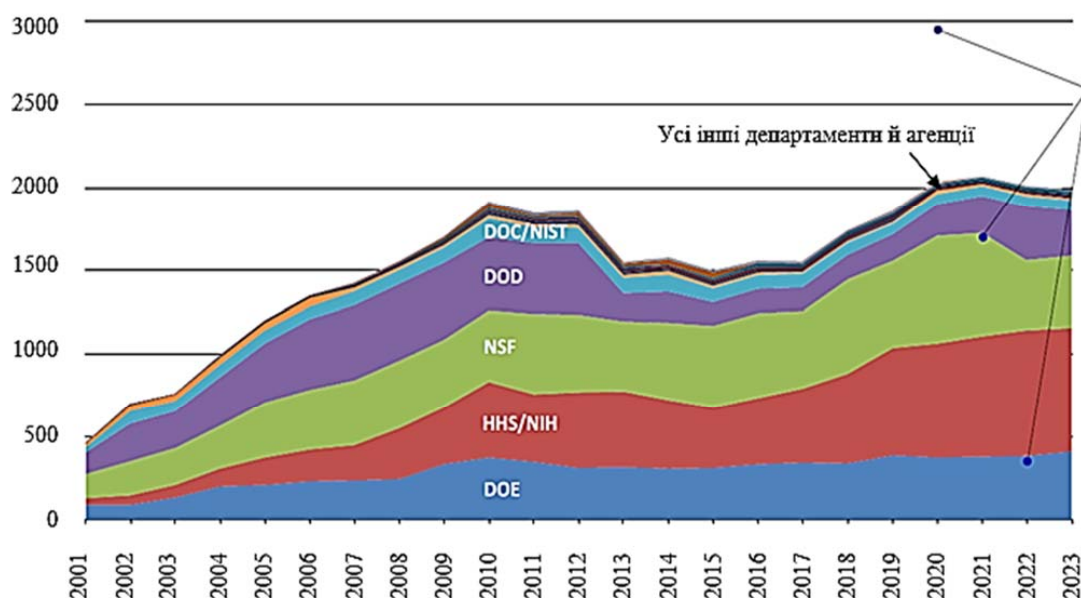


Рис. 2. Розподіл фінансування Національної нанотехнологічної ініціативи США за окремими федеральними департаментами і агенціями у 2001–2023 рр., млн дол. США

Примітки: 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).

Джерело: побудовано автором за даними [6, с. 3]

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 нааноіндустрії. 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.

Наголосимо, що нанотехнологічні пріоритети конкурентного розвитку Європейського Союзу у глобальних координатах зберігаються також у Сьомій рамковій програмі інноваційного розвитку даного інтеграційного блоку (2007–2013 рр., 3,5 млрд євро фінансування (7% загального бюджету програми) за програмою «Співробітництво» тематичного напрямку досліджень «Нанонауки, нанотехнології, матеріали і нові виробничі технології» [7]); а також Програмах «Horizon 2020» (2014–2020 рр., фінансування нанотехнологій у розмірі близько 2 млрд євро [8] за напрямом «Лідерство у промисловості» з цільовою підтримкою нанотехнологій і високоризикових досліджень у цій сфері) та «Horizon Europe»

(2021–2027 рр.). Так, загальний бюджет, виділений Єврокомісією у рамках реалізації нанотехнологічного напрямку програми «Horizon Europe» 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 [9].

Разом з тим, попри величезні зусилля об'єднаної Європи у розвитку нанотехнологічного сектора регіональної економіки, вона так і не змогла дожитись 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 «розпорошенню» наукових зусиль даного блоку за різними векторами розвитку нааноіндустрії.

Висновки. На підставі дослідження приходимо до висновку, про беззаперечне нанотехнологічне лідерство США в системі глобального

ринку. виключна 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.

Водночас, констатуємо 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 вагомого нанотехнологічного прориву.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. 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).
2. World Development Indicators: Science and technology. The World Bank. URL: <https://wdi.worldbank.org/table/5.12> (дата звернення: 22.10.2023).
3. 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).
4. The National Nanotechnology Initiative: Overview, Reauthorization, and Appropriations Issues (name redacted). Specialist in Science and Technology Policy. Congressional Research Service. December 2, 2015.
5. NNIBudgetSupplementsbyYear:2017,2018,2019,2020,2021,2022,2023. URL: <https://www.nano.gov/NNIBudgetSupplementsandStrategicPlans> (дата звернення: 30.11.2023).

6. 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.

7. CORDIS. URL: <https://www.cordis.europa.eu/> (дата звернення: 02.12.2023).

8. EU Research Projects. URL: <https://euon.echa.europa.eu/eu-research-projects> (дата звернення: 02.12.2023).

9. 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).

REFERENCES:

1. Intramural nanotechnology R&D expenditures in the government and higher education sectors, 2009-21 (2023). OECD Key Nanotech Indicators. Available at: <http://oe.cd/kni>
2. World Development Indicators (n.d.): Science and technology. The World Bank. Available at: <https://wdi.worldbank.org/table/5.12>.
3. Nanotechnology Services Global Market Report 2022. (2021) Report Linker. Available at: <https://finance.yahoo.com/news/nanotechnology-services-global-market-report-085200443.html>.
4. The National Nanotechnology Initiative (2015): Overview, Reauthorization, and Appropriations Issues (name redacted). Specialist in Science and Technology Policy. Congressional Research Service.
5. NNI Budget Supplements by Year: 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023 (2023). Available at: <https://www.nano.gov/NNIBudgetSupplementsandStrategicPlans>
6. National Nanotechnology Initiative Supplement to the President's 2023 Budget (2023). Product of the Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. Committee on Technology of the National Science and Technology Council.
7. CORDIS (n.d.). Available at: <https://www.cordis.europa.eu/>
8. EU Research Projects (n.d.). Available at: <https://euon.echa.europa.eu/eu-research-projects>
9. Horizon Europe: opportunities for the Nanotech and Material sector (2022). Available at: <https://www.wheesbee.eu/sector-report/horizon-europe-opportunities-for-the-nanotech-and-material-sector>