

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2024. № 2.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.91>

УДК 330.341.1:378.4:001.89](100)

*Д. В. Нікітін,
аспірант кафедри міжнародного обліку і аудиту,
Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8964-8038>*

ІННОВАЦІЙНІ ЕКОСИСТЕМИ НАНОТЕХНОЛОГІЧНИХ МЕРЕЖ В СВІТОВИХ КООРДИНАТАХ

*D. Nikitin,
Postgraduate student,
Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman, Ukraine, Kyiv*

INNOVATIVE ECOSYSTEMS OF NANOTECHNOLOGICAL NETWORKS IN WORLD COORDINATES

У статті розглядається актуальна проблематика нанотехнологічних мереж в сучасних координатах. Доведено, що нанотехнологічні науково-освітні центри спираються у своїй діяльності на розгалужені освітні платформи в рамках дослідницьких університетів. Актуалізовано, що важливим напрямом державного стимулювання нанотехнологічного сектору національної економіки стало розроблення державної політики

активізації співробітництва між університетами та бізнес-структурами. Обґрунтовано, 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. Доведено, що у розбудові у глобальній інноваційній екосистемі нанотехнологічних мереж важливу роль відіграють нанотехнологічні кластери. Відзначено, що 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.

The article deals with the topical problems of nanotechnological networks in modern coordinates. It has been proven that nanotechnology scientific and educational centers are based in their activities on extensive educational platforms within the framework of research universities. It has been updated that an important direction of state stimulation of the nanotechnology sector of the national economy has become the development of a state policy for intensifying cooperation between universities and business structures. For this purpose, joint research centers were established in the structure of university institutions on the basis of contractual relations; universities actively participated in the implementation of DiR at the request of the business sector; as well as large-scale direct financing by corporate structures of research works of universities without placing any obligations on them. It is substantiated that in the global innovation ecosystem, nanotechnology scientific and educational centers are deeply embedded in horizontal or vertical networks, which essentially determine their disposition in the implementation of target programs of innovative development. It has been proven that nanotechnology clusters play an important role in the development of the global innovation ecosystem of nanotechnology networks. The central link of modern nanotechnological networks is the meso-environment of business activity,

in which the main subjects of the nanoindustry are, on the one hand, suppliers and manufacturing companies united in strategic alliances, networks and cluster formations with a full cycle of R&D; and from the second - academic institutions specializing in the training of professional personnel for the nanoindustry. It was noted that the resource capabilities for the development of nanotechnological networks are significantly increased thanks to the use of joint laboratory complexes, joint research infrastructure and specialized nanotechnological complexes aimed at solving applied problems of nanoindustry development

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

Keywords: *nanotechnology, nanotechnology networks, innovation, nanotechnology market, globalization, world economy.*

Постановка проблеми. 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.

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 наукової проблеми залишається недостатньо розкритим, зокрема необхідність уточнення і характеристики нанотехнологічних мереж та реалізація кластерно-мережевої моделі розвитку науково-дослідної та освітньої діяльності.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є уточнення інноваційних екосистем нанотехнологічних мереж в світових координатах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Матеріальним ядром й головним інституційним майданчиком сформованих на сьогодні у світі національних нанотехнологічних мереж є нанотехнологічні науково-освітні центри [1, 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 США 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 [2]. 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 [3, 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) [1, 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 [4, с. 278].

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 екстервальних ефектів функціонування світової наноіндустрії, котрі формуються завдяки провідній ролі нанотехнологічних кластерів у підвищенні міжнародної конкурентоспроможності регіонів їх локалізації.

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). 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 [5]. 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.

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 [6]. 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. [7]), але й формуванню стратегічних альянсів з провідними глобальними компаніями даного сектору, розбудові кластерних форм монополізації капіталу та динамічному розвитку мережевих 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 [8].

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. 1).

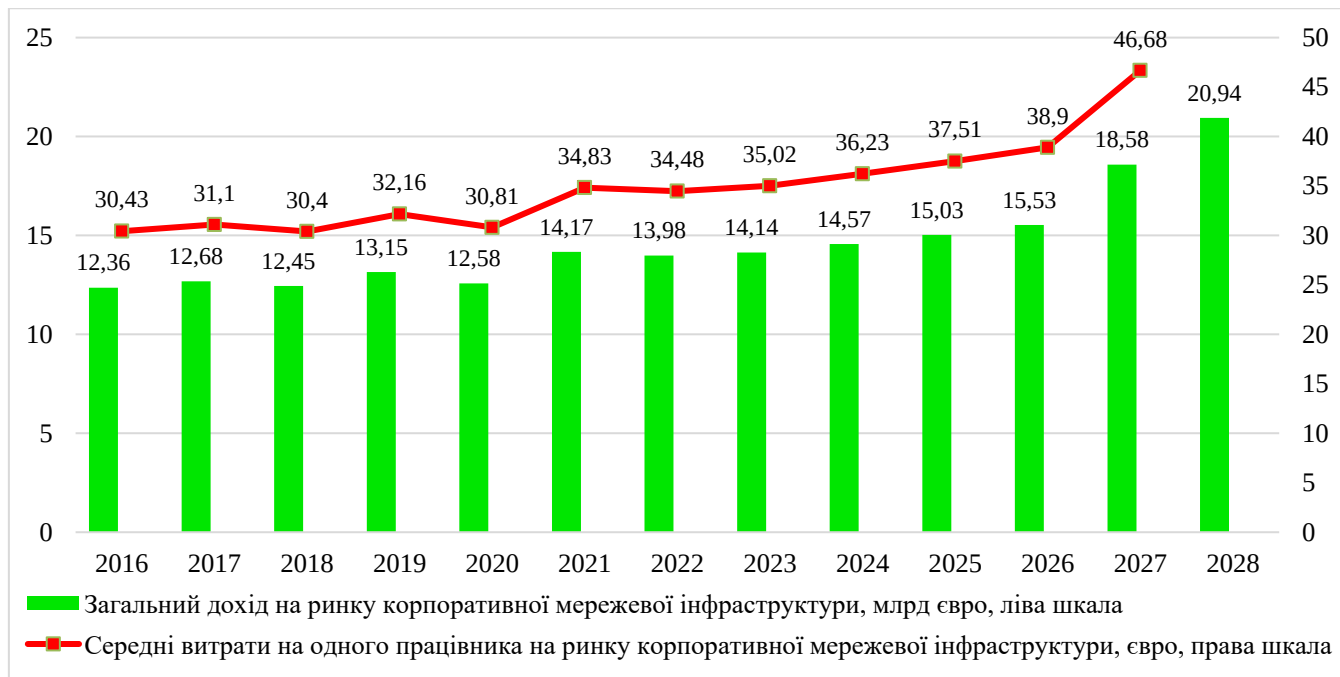


Рис. 1. Ключові показники розвитку ринку корпоративної мережевої інфраструктури держав Європи у 2016-2023 рр. з прогнозом на період до 2028р.

Джерело: побудовано автором за даними [9].

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 [10].

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%) [10].

Висновки. Центальною 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.

Література

1. 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.
2. 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.).
3. Галан Н. І. Японські університети у «потрійній спіралі»: приклад Тохоку. Наука та інновації. 2010. № 3 (6). С. 55-65.
4. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України: монографія / Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Х.: ВД «Інжек», 2011. 392с.
5. 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.).
6. 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.).
7. 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.).
8. IBM AI Hardware Research Center. URL: <https://ny-creates.org/programs/> (дата звернення 04.01.2024 р.).
9. 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.).

10. A network for bringing NANOTEchnologies TO LIFE. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/500057> (дата звернення 02.12.2023 р.).

References

1. Matiushenko, I. Y. (2012), “Scientific and educational centers as the main element of national nanotechnology networks of the developed countries of the world”, Bulletin of NTU "KhPI". Collection of scientific works. Series: Actual problems of management and financial and economic activity of the enterprise, vol. 45 (951), pp. 115-127.

2. NY Creates (2023), “NY Creates Along with its Partners, Works to Address Workforce Development Needs at Many Levels”, Available at: <https://ny-creates.org/economic-development/workforce-development/> (Accessed 25 Jan 2024).

3. Halan, N. I. (2010), “Japanese universities in the "triple helix": the case of Tohoku”, Science and innovation, vol. 3 (6), pp. 55-65.

4. Kyzim, M. O. and Matyushenko, I. (2011), Perspektvyvy rozvytku i komertsializatsii nanotekhnolohii v ekonomikakh krain svitu ta Ukrainy [Prospects for the development and commercialization of nanotechnologies in the economies of the world and Ukraine.], Inzhnek, Kharkiv, Ukraine.

5. NY Creates (2023), “NY CREATES is a world-leading R&D, innovation hub and commercialization facilitator in advanced digital, analog and power technologies”, Available at: <https://ny-creates.org/about/> (Accessed 25 Jan 2024).

6. NY Creates (2021), “Schumer brings commerce secretary Gina Raimondo to meet with IBM & other Albany Nanotech Complex stakeholders & discuss cutting-edge semiconductor R&D happening in Albany”, Available at: <https://ny-creates.org/schumer-brings-commerce-secretary-gina-raimondo-to-meet-with-ibm-senator-says-albany-ideal-fo/> (Accessed 25 Jan 2024).

7. Macrotrends (2023), “IBM Research and Development Expenses 2010-2023”, Available at: <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/IBM/ibm/research-development-expenses> (Accessed 25 Jan 2024).
8. NY Creates (2023), “IBM AI Hardware Research Center”, Available at: <https://ny-creates.org/programs/> (Accessed 25 Jan 2024).
9. Statista (2023), “Enterprise Network Infrastructure – Europe. The Statistic Portal”, Available at: <https://es.statista.com/outlook/tmo/data-center/network-infrastructure/enterprise-network-infrastructure/europe> (Accessed 25 Jan 2024).
10. Cordis (2022), “A network for bringing NANOTEchnologies TO LIFE”, Available at: <https://cordis.europa.eu/project/id/500057> (Accessed 25 Jan 2024).

Стаття надійшла до редакції 01.02.2024 р.