

РОЗДІЛ 1. СВІТОВЕ ГОСПОДАРСТВО І МІЖНАРОДНІ ЕКОНОМІЧНІ ВІДНОСИНИ

КОНВЕРГЕНЦІЯ NBICS-ТЕХНОЛОГІЙ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

CONVERGENCE OF NBICS TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF GLOBAL ECONOMY DEVELOPMENT

Визначено сутність, зміст конвергенції NBICS-технологій як складного багатовимірного процесу та охарактеризовано проблеми розвитку глобальної економіки в контексті конвергенції технологій. Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні, на основі критичного аналізу наукових публікацій зарубіжних та вітчизняних вчених, тенденцій розвитку процесу конвергенції технологій, висвітленні розбіжностей в американському та європейському підходах щодо тлумачення ролі та значення конвергенції нано-, біо-, інфо-, когно- та соціальних технологій, розкритті їх міждисциплінарної природи та у виявленні проблем розвитку глобальної економіки, які є наслідком розгортання конвергенції зазначених технологій. Зроблено узагальнення щодо неприпустимості технократичного підходу відносно тлумачення сутності конвергенції технологій, доцільності характеристики цього процесу як циклічного, розроблення необхідного наукового апарату для його опису. Накреслено напрями подальших наукових розвідок з цієї проблеми.

Ключові слова: біотехнології, інформаційні технології, конвергенція NBICS-технологій, міждисциплінарність, нанотехнології, пізнавальні технології, проблеми розвитку глобальної економіки, соціальні технології.

The dynamic development of the modern global economy is determined by its close relationship with trends in modern technology, the state of the natural and social environment, the level of development of science. Given this circumstance, business representatives, national governments, the scientific community, the public are constantly looking for ways to integrate scientific and technological progress, innovation, areas of intellectual activity and social issues in a single cluster. Since the studied problem is a relatively new interdisciplinary field of knowledge, hence its insufficient coverage in the domestic economic literature. The lack of tradition of interdisciplinary research, especially in technical, natural, philosophical and economic sciences, is a deterrent to attracting a wide range of domestic economists to the study relationship between the convergence of NBICS technologies and the development of the global economy. However, this problem has received some attention from foreign researchers. Given this, the chosen topic of the article has theoretical, scientific and applied and ideological significance. In the process of realization of the formulated goal of the research the essence, content of convergence of NBICS technologies as a complex multidimensional process is determined and the problems of global economy development in the context of technology convergence are characterized. The scientific novelty of the study is to substantiate, based on a critical analysis of scientific publications of foreign and domestic scientists, trends in technology convergence, highlights differences in American and European approaches to interpreting the role and importance of convergence of nano-, bio-, info-, cogno- and social technologies, of disclosing their interdisciplinary nature and identifying problems of global economic development that are the result of the deployment of convergence of these technologies, which are a consequence of the deployment of convergence of these technologies. A generalization is made about the inadmissibility of the dominance of the technocratic approach to the interpretation of the essence of the convergence of NBICS technologies; of necessity to understand the cyclical nature of the convergence of NBICS technologies as a process that occurs as a result of their integration and under the influence of synergies and divergence; of developing the necessary of an appropriate scientific apparatus to describe trends in this process. The priority directions of further scientific research on this problem are outlined.

Key words: biotechnology, information technology, convergence of NBICS technologies, interdisciplinarity, nanotechnology, cognitive technologies, problems of global economic development, social technologies.

УДК 339.9:330.34:165.19: [620.3+004.77]

DOI: <https://doi.org/10.32843/infrastuct64-1>

Павлов О.І.

д.е.н., професор, завідувач
кафедри економіки промисловості
Одеський національний технологічний
університет

Pavlov Oleksandr

Odesa National Technological University

Постановка проблеми. Динамічний розвиток сучасної глобальної економіки визначається його тісним взаємозв'язком з тенденціями розвитку сучасних технологій, станом природного та соціального середовища, рівнем розвитку науки. Враховуючи цю обставину, представники бізнесу, національні уряди, наукова спільнота, громадськість постійно перебувають в пошуку шляхів інтеграції науково-технічного прогресу, інновацій, напрямів розумової діяльності та соціальної

проблематики в єдиний кластер. Саме таким вимогам відповідає ініціатива міжнародних і урядових структур та наукової спільноти, яка пов'язана з процесом конвергенції NBICS-технологій. Про наукову та практичну актуальність конвергенції технологій свідчить інтерес до цієї проблеми з боку науковців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оскільки досліджувана проблема являє собою відносно нову міждисциплінарну галузь

знань, звідси впливає її недостатнє висвітлення у вітчизняній економічній літературі. Проте їй приділено певну увагу з боку зарубіжних дослідників. Мова передусім йде про публікації американських авторів М.С. Роко і В.С. Брейнбріджа [1–3], з легкої руки яких увійшов у науковий обіг термін «конвергенція NBIC-технологій» та в загальних рисах була обґрунтована необхідність впровадження конвергентних технологій. Однак сама ідея не отримала очікуваної підтримки з боку представників соціальних наук, хоча запропоноване кластерне суміщення різних технологій має вагоме значення для подальших перспектив глобального економічного розвитку. Спробу пояснення феномену «Нової глобалізації» в контексті конвергенції, як наслідку дії інформаційних технологій, здійснив швейцарський економіст Р. Болдуїн [4]. На тлі перелічених праць на особливу увагу заслуговує внесок у наукову розробку зв'язку між конвергенцією технологій й відкритими інноваціями та динамічною економікою, який зробив корейський вчений Х.С. Парк [5]. Актуальні питання щодо впливу NBICS-технологій на шостий великий цикл розвитку світової економіки досліджували Н. Ястреб [6], М. Дудин, А. Шутьков, А. Анищенко [7]. *Синергетичному ефекту розвитку NBIC-технологій для вирішення глобальних проблем людства присвячено публікацію* І. Матюшенка, І. Бунтова [8].

Стримуючими факторами залучення широкого загалу вітчизняних економістів до вивчення проблеми взаємозв'язку між конвергенцією NBICS-технологій та розвитком глобальної економіки є відсутність традиції проведення міждисциплінарних досліджень, особливо, коли йдеться про технічні, природничі, філософські та економічні науки та насторожене ставлення до публікацій, в яких пропагуються ідеї трансгуманізму.

З огляду на це, обрана тема статті має не тільки теоретичне та науково-прикладне, а певним чином й світоглядне значення.

Постановка завдання. Метою дослідження є визначення сутності та змісту конвергенції NBICS-технологій як складного багатовимірного процесу, який має значний вплив на розвиток глобальної економіки. Саме проблеми розвитку глобальної економіки в контексті конвергенції технологій й складають предмет нашого дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Термін «конвергенція» (від лат. *convergentio* – наближення, сходження) запозичений з біології. За його допомогою передається дія або процес, що пов'язані з взаємопроникненням, злиттям, взаємним впливом певних речей. В даному випадку ми маємо справу з явищем не схожим та ті, що мали місце раніше в історії науки. Мова йде про конвергенцію технологій, які належать до різних галузей господарювання та сфер життєдіяльності сучасної людської цивілізації.

Появі ідеї конвергенції NBICS-технологій передував період пошуку наукової парадигми, яка б запропонувала шлях поєднання економічного зростання з ощадливим ставленням до природи. Проте тривалий час ця вельми важлива практична та наукова проблема не була розв'язана всупереч намаганням авторів відомих доповідей Римського клубу, що були підготовлені протягом 1970-х років. Більш того, висновки доповідей щодо доцільності орієнтації на нульове або повільне економічне зростання не тільки суперечили природі підприємництва, а й стримували конкуренцію, не кажучи вже про посилення диспропорцій розвитку між країнами «золотого мільярда» та іншою частиною світ-системи.

Разом з тим, тенденція уповільнення темпів економічного зростання у світовій економіці другої половини ХХ століття свідчила про поглиблення залежності глобального ділового циклу від розвитку технологій. Ця залежність була пов'язана з наявністю певного часового лагу між впровадженням ключових інновацій, окупністю обладнання та реалізацією нової продукції. Слід також враховувати співіснування різних технологічних укладів в межах одного економічного циклу. Тому розв'язання проблеми розширеного відтворення суспільного виробництва потребувало не просто постійного технологічного оновлення та пришвидшення цього процесу по всьому ланцюгу впровадження інновацій а й комбінування різноманітних технологій.

На початку 2000-х років місцем генерації нових ідей у сфері сучасних технологій стали США, де протягом 2001–2004 років з зазначеної проблематики пройшли три наукові конференції. Саме в цей період у Всесвітньому центрі оцінки технологій було підготовлено науковий звіт, авторами якого були М.С. Роко і У.С. Брейнбрідж [1]. В цьому документі було акцентовано увагу, по-перше, на нанометричному масштабі інтегрованих в одному кластері технологій, взаємодія яких передбачала синергетичний ефект, по-друге, на «людській функціональності» («покращенні», «розширенні» людини).

Американська ініціатива було неоднозначно сприйнята світовим науковим співтовариством. Зокрема, у грудні 2003 року Європейський Союз створив експертну групу під красномовною назвою «Прогнозування хвилі нових технологій», метою роботи якої було визначення специфіки європейського погляду на розвиток конвергенції технологій. У підготовленому групою звіті зазначалася необхідність врахування наслідків конвергенції технологій та знань для вирішення соціальних проблем, проблематичність виміру когнітивних, соціальних та економічних змін. За результатами роботи групи можна дійти висновку щодо наявності певних відмінностей між американським та

європейським підходами до розуміння сутності конвергенції технологій (табл. 1).

Проте зазначені відмінності не заперечують наявності точок дотику між представленими підходами, що є підставою для подальшої наукової розробки існуючих програм та проектів, спрямованих на поглиблення наявних знань щодо процесу конвергенції різноманітних технологій як по вертикальному, так і по горизонтальному зрізах їх взаємозв'язків та взаємовідносин.

Разом з тим слід констатувати прояв тенденції поширення технодетермінованих образів людини й соціуму, релевантних епосі нового індустріалізму. Сучасні технології, як стверджує К. Шваб, матимуть наслідком посилення впливу машинних технологій на першприродну людську сутність і до непізнаваності змінять (а, можливо, й підмінять, як попереджають мислителі-алармісти) біологічну природу людського тіла. Техніка та технології не лише стануть продовженням і доповненням людської природи ззовні, але й проникнуть усередину людської тілесності й людської «душі» [9].

В таблиці 2 представлено авторське бачення конвергенції технологій як складної багатовимірної системи.

Креативність авторського підходу до системного розуміння конвергенції зазначених технологій, представлених в таблиці 2, полягає у визначенні, на основі їх характерних рис, ролі кожної з них в процесі конвергенції. При цьому, аналізуючи конвергенцію як процес, доцільно враховувати дію зусрічного їй процесу дивергенції, прояв якої зумовлений появою нової якості відносин в системі внаслідок взаємодії її складових. Завдяки дії механізму дивергенції можна відстежити тенденції розвитку конвергенції.

Не виключаючи проявів певної конкуренції в процесі конвергенції між різними видами технологій, зазначено, що драйвером процесу конвергенції виступають нанотехнології, які по вертикалі тісно пов'язані з нанонаукою та наноіндустрією, а по горизонталі, завдяки наявним наноб'єктам

(атоми, гени, нейрони, біти) та дії ефекту синергії взаємодіють з іншими технологіями та розповсюджуються в подальшому в різних галузях господарства та сферах життєдіяльності.

Звісно, робити остаточні висновки щодо масштабу соціально-економічного ефекту від результатів конвергенції технологій, ще зарано, проте можна виділити певні етапи розгортання цього процесу у часі (рис. 1).

Можливість та доцільність періодизації конвергенції NBICS-технологій обумовлена фундаментальними положеннями, які лежать в основі цього процесу, а саме: матеріальної єдності світу на нанорівні; розуміння NBICS-технологій як трансформаційних інструментів; розгляд світу та пізнання в термінах ієрархічних складних систем; покращення можливостей людини як головного завдання конвергентного проекту [6, с. 69]. Останнє положення знайшло свій прояв на третьому етапі. У 2013 році було опубліковано аналітичне дослідження, присвячене конвергенції, що виходить за межі NBIC і включає соціальні технології [2].

Наступного року комісією Національної ради з досліджень США під керівництвом відомого вченого Дж. Де Сімоні було підготовлено доповідь щодо міждисциплінарної інтеграції різних наук та технологій, яка стала наслідком процесу зазначеної конвергенції. Одними з стратегічних завдань на шляху посилення міждисциплінарності досліджень комісія запропонувала самоорганізацію навколо загальних тем чи проблем, створення відповідних освітніх проблем, рекрутування наукових співробітників для праці в цій галузі та координацію цієї діяльності на національному рівні [11].

Вбачаючи в міждисциплінарній методології один із ключів до вирішення різноманітних питань на шляху до впровадження конвергенції NBICS-технологій, все ж таки зазначимо наявність певних проблем в цій царині знань. Проблематичним виглядає поєднання та спільне використання

Таблиця 1

Американський та європейський підходи до розуміння сутності конвергенції NBICS-технологій

Американський підхід	Європейський підхід	Різниця в підходах
<ul style="list-style-type: none"> • Головний акцент робиться на технологіях • Обмежується гуманітарний вимір конвергенції • Є технократичним за своєю сутністю • Припускається зміна фізіології людини на її генетичному рівні • Недооцінюється роль соціального середовища у суспільному житті • Пропагується примат машини над людиною 	<ul style="list-style-type: none"> • Характерне скептичне та критичне ставиться до американського підходу • Велика увага приділяється соціальній сфері • Наголошується на необхідності розширення когнітивних технологій за рахунок використання вчення про біосферу, системного підходу, філософії, соціальних наук • Позичування конвергенції NBICS-технологій як основи нового технологічного укладу 	<ul style="list-style-type: none"> • Гуманістичність європейського та технократичність американського підходів • Європейський підхід, на відміну від американського, призначення конвергенції технологій вбачає в служінні людському розуму та тілу, а не у створенні «технологій розуму та тіла»

Джерело: розроблено автором за [1; 6, с. 77].

Конвергенція NBICS-технологій як система

Вид технології	Характерні риси технології	Роль технології в процесі конвергенції	Прояв конвергенції у економічному науковому напрямі
Нанотехнології	Галузь наукових та практичних досліджень, яка орієнтована на створення спеціальних матеріалів (об'єктів, предметів) з певною та точно заданою атомарною структурою, що забезпечується за рахунок маніпуляцій з окремими атомами та молекулами цього матеріалу	Драйвер процесу конвергенції NBICS-технологій, який формує новий підхід до конструювання матеріалів «на замовлення» шляхом атомно-молекулярного конструювання	Наноекономіка
Біотехнології	Галузь наукових та прикладних досліджень, орієнтованих на розробку та впровадження практичних біоінженерних рішень (систем або процесів) з подальшим їх використанням у різних галузях національного господарства	Дозволяють ввести у конструювання неорганічних матеріалів біологічну частину і таким чином одержати гібридні матеріали	Біоекономіка
Інформаційні технології	Міждисциплінарна галузь наукових досліджень та інженерних рішень, орієнтованих на створення найпрогресивніших способів, методів або прийомів використання обчислювальних засобів для зберігання, передачі, обробки даних	Надають можливість у такий гібридний матеріал або систему «підсадити» інтегральну схему і, як результат, одержати принципово нову інтелектуальну систему, когнітивні технології	Інформаційна економіка
Когнітивні технології	Спосіб вироблення й теоретичної систематизації наукових знань, що дозволяє приймати рішення, з одного боку, орієнтовані на підвищення інтелектуальних здібностей людини, а з іншого боку, забезпечує ефективне та раціональне використання людських знань для соціально-економічного та науково-технічного прогресу	Надають можливість, ґрунтуючись на вивченні функцій мозку, механізмах свідомості, поведінки живих істот, розробляти алгоритми, які фактично і будуть «одушевлювати» створювані ними системи за допомогою надання їм подоби розумових функцій	Когноміка (економіка використання когнітивних технологій)
Соціальні технології	Інструмент формування умов та способу життєдіяльності суспільства, гармонізації соціальних відносин, удосконалення соціальної інфраструктури з метою забезпечення повсякденних людських потреб та інтересів	Формують систему суспільних цінностей, забезпечують зв'язок між людиною, природною сферою, техносферою і соціальною сферою	Соціоекономіка

Джерело: розроблено автором за [7, с. 76; 8, с. 11; 10]

наукового інструментарію нейрофізіології, фізичної хімії, генної інженерії, біохімії, мікробіології, обчислюваної техніки, інформатики та соціальних і гуманітарних наук. Чи не перетвориться за таких умов економіка на васальну наукову дисципліну? Іншою проблемою когнітивного характеру є відсутність публікацій з теорії та методології конвергенції технологій.

Аналізуючи процес розгортання конвергенції NBICS-технологій, можна стверджувати, що він породжує три типи глобальних проблем:

– перший – це проблеми, які безпосередньо спричинені конвергенцією нано-, біо-, інфо, когно- та соціальних технологій;

– другий – проблеми, що пов'язані з впливом цього процесу на стан наявних проблем, породжених глобалізацією Всесвіту;

– третій – власне проблеми розвитку глобальної економіки, які виникли внаслідок розгортання конвергенції зазначених технологій.

Саме останні, з огляду на мету дослідження, представляють найбільший науковий та практичний інтерес.

В цьому сенсі примітним є порівняння, на Всесвітньому економічному форумі (Давос, 2016 рік), його президентом К. Швабом наступної промислової революції з «руйнівними інноваціями», поява яких була спричинена конвергенцією сучасних технологій. Для економіки це означає створення нових підприємств, робочих місць й відповідно – попиту на продукцію, яка виробляється на них [5]. Характер творчої деструкції проявляється в заміні старих технологій новими, що супроводжується переміщенням капіталу, балансом між виробництвом та споживанням.

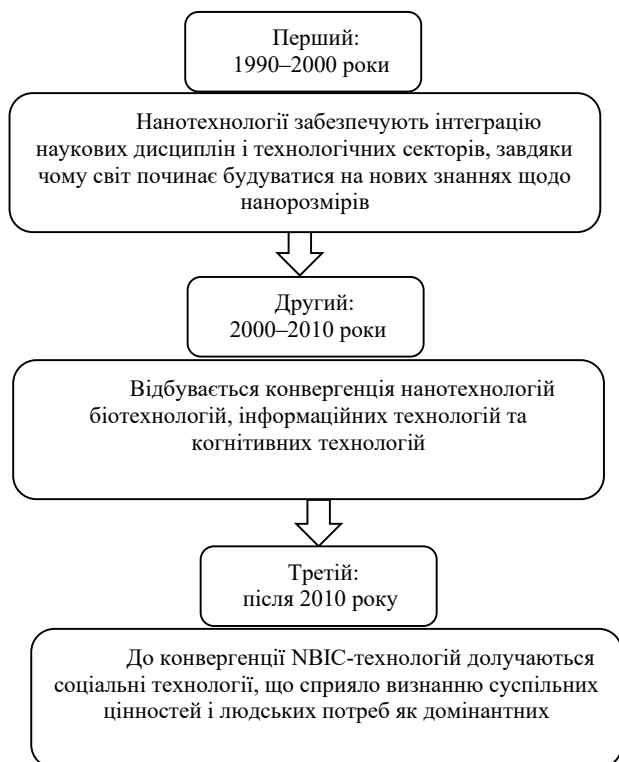


Рис. 1. Етапи розгортання процесу конвергенції NBICS-технологій

Джерело: розроблено автором за [2]

Розвиток, пришвидшення та здешевлення процесу передачі ідей, технологій, ноу-хау розширює участь країн, що розвиваються, в глобальних ланцюгах вартості та постачань, підвищує роль аутсорсингу, використання якого веде до скорочення витрат як замовника послуг, так і компаній, що виконують їх. Відповідно послаблюється контроль за бізнес-процесами з боку держав, глобальних фірм, впливових фінансових інститутів. Все це посилює фрагментацію й непередбачуваність розвитку глобальних економічних процесів.

Постійна потреба в оновленні виробництва на основі конвергентних технологій, у тому числі когнітивних, сприяє значному випереджанню темпів виробництва нових знань темпів економічного зростання на рівні глобальних фірм та розвинутих країн.

Тенденція зниження синергетичного ефекту від конвергенції технологій у прирості ВВП розвинутих

країн зумовлена переміщенням їх капіталу та праці у менш розвинуті країни.

В умовах конвергенції технологій спрощується доступ до інформації та знань, оволодіння якими все більше здійснюється на індивідуальному рівні в будь-якій точці планети будь-якою людиною. Тим самим зменшується особиста залежність між людьми, послаблюються уніфікація та універсалізація людської діяльності, що певною мірою суперечить тенденції глобалізації щодо цілісності та єдності розвитку.

Наслідки конвергенції технологій на прикладі інформаційно-комунікаційних технологій наведено в таблиці 3 (статистичні дані 2014 року, узагальнені С.Ю. Лі за результатами розвитку 48 країн).

Наведені в таблиці 3 дані свідчать про вирівнювання розвитку досліджуваних країн (дещо випадають з цього ряду Китай та Корея, але винятково за узагальненим показником). Відсутність розриву в розвитку між сектором інформаційно-комунікаційних технологій та національними секторами в цілому свідчить, по-перше, про дію ефекту синергії, а, по-друге, про готовність країн до Четвертої промислової революції.

Об'єднаний банк Швейцарії [13] оцінив рівень адаптації до Четвертої промислової революції, що охопила 139 країн, з урахуванням п'яти факторів: гнучкості ринку праці, рівня технологій, системи освіти, соціальних накладних витрат та правового захисту. С.Ю. Лі оприлюднив результати оцінки рівня адаптації, орієнтуючись лише на 45 провідних країн серед них. Рівень адаптації кожної нації є показником, який опосередковано показує майбутню конкурентоспроможність. За результатами дослідження Швейцарія зайняла 1-е місце, за нею йдуть Сінгапур та Нідерланди. США посідають 5-е місце, Японія – 12, Німеччина – 13, Корея – 25 місце [12, с. 43].

Висновки з проведеного дослідження. Проведене дослідження свідчить про те, що конвергенція NBICS-технологій є справою не тільки новою, а й вкрай важливою для подальшого розвитку глобальної економіки та людської цивілізації в цілому.

Поки що зарано стверджувати, що конвергенція технологій є реальністю. Наразі вона виглядає як процес та тенденція розвитку світового

Таблиця 3

Коефіцієнт доданої вартості в секторі інформаційно-комунікаційних технологій великих світових держав

Показник	Країни					
	США	Німеччина	Японія	Китай	Корея	Інші 43 країни
Сектор інформаційно-комунікаційних технологій	57,6	53,2	55,5	55,0	43,5	55,1
Всі сектори	56,0	49,3	51,2	32,4	37,8	45,6

Джерело: перероблено за [12, с. 42]

співтовариства, яка поступово набирає силу. Її природа досліджена ще недостатньо, тому слід зосередити увагу не стільки на наслідках її впровадження, скільки на вивченні проблем у міру їх прояву.

Першочергове завдання полягає в тому, щоб не допустити розвитку ситуації, при якій візьме гору технократичний підхід щодо тлумачення її сутності.

Окремої уваги заслуговує розуміння циклічної природи конвергенції NBICS-технологій як процесу, який відбувається внаслідок їх інтеграції та під дією ефекту синергії й прояву дивергенції.

Динамічність розгортання конвергенції технологій на засадах міждисциплінарності потребує розроблення не тільки уніфікованого дослідницького інструментарію, а й розроблення відповідного наукового апарату для опису тенденцій розвитку цього процесу.

Малодослідженим залишається питання щодо впливу конвергенції технологій на глобалізацію економіки. Саме цю проблему доцільно вважати одним з пріоритетних напрямів здійснення подальших наукових розвідок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Roco M.C., Bainbridge W.S. (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and the Cognitive Science*. National Science Foundation. Arlington, VA.
2. *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies* (2013) Ed. By M.C. Roco, W.S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides. – Dordrecht etc.: Springer.
3. Roco M.C. (2020) Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress. *J Nanopart Res. Journal of Nanoparticle Research*. Vol. 22. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7577848/pdf/11051_2020_Article_5032.pdf. DOI.org/10.1007/s11051-020-05032-0 (дата звернення: 04.02.2022).
4. Baldwin R. (2016) *The Great Convergence*. The Belknap Press of Harvard University Press, 344.
5. Park H.S. (2017) Technology convergence, open innovation, and dynamic economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. URL: <https://jopeninnovation.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40852-017-0074-z.pdf>. DOI 10.1186/s40852-017-0074-z (дата звернення: 04.02.2022).
6. Ястреб Н. А. Конвергентные технологии: эпистемологический анализ. Дис. д-ра философ. наук; спец. 09.00.01: онтология и теория познания. Томск: ФГАОУВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 2016. 273 с.
7. Дудин М.Н., Шутьков А.А., Анищенко А.Н. Шестой большой цикл в развитии мировой экономики: эпоха NBIC-конвергенции в АПК. *Проблемы*

рыночной экономики. 2019. № 3. С. 74–82. DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-3-74-82>.

8. Матюшенко І.Ю., Бунтов І. Ю. *Синергетичний ефект розвитку NBIC-технологій для вирішення глобальних проблем людства*. *Проблеми економіки*. 2011. № 4. С. 3–13.

9. Schwab K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond* URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (дата звернення: 13.11.2021).

10. Dotsenko E. (2017) *NBIC-Convergence as a Paradigm Platform of Sustainable Development*. The Second International Innovative Mining Symposium. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2017/09/e3sconf_2iims2017_04013.pdf. DOI: 10.1051/e3sconf/20172104013 (дата звернення: 03.02.2022).

11. Сагдеев Р., Кабанов А. Конвергенция наук: нужно ли сажать всех ученых под одну «крышу»? URL: <https://trv-science.ru/2016/01/konvergenciya-nauk/> (дата звернення: 05.02.2022).

12. Lee, S. Y. (2017) Busan needs to formulate the strategies of the fourth industrial revolution with the rapidly changing waves. *Busan Development Forum*, 163. P. 36–49.

13. Baweja, B., Donovan, P., Haefele, M., Siddiqi, L., & Smiles, S. (2016). *Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution*. UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting. URL: http://www.tadviser.ru/images/b/b7/Extreme_automation_and_connectivity_The_global%2C_regional%2C_and_investment_implications_of_the_Fourth_Industrial_Revolution.pdf (дата звернення: 07.02.2022).

REFERENCES:

1. Roco M.C., Bainbridge W.S. (2002) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and the Cognitive Science*. National Science Foundation. Arlington, VA.
2. *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies* (2013) Ed. By M.C. Roco, W.S. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides. – Dordrecht etc.: Springer.
3. Roco M.C. (2020) Principles of convergence in nature and society and their application: from nanoscale, digits, and logic steps to global progress. *J Nanopart Res. Journal of Nanoparticle Research*. Vol. 22. Available at: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7577848/pdf/11051_2020_Article_5032.pdf. DOI.org/10.1007/s11051-020-05032-0 (accessed: 04.02.2022).
4. Baldwin R. (2016) *The Great Convergence*. The Belknap Press of Harvard University Press, 344.
5. Park H.S. (2017) Technology convergence, open innovation, and dynamic economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. Available at: <https://jopeninnovation.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s40852-017-0074-z.pdf>. DOI 10.1186/s40852-017-0074-z (accessed: 04.02.2022).

6. Yastreb N.A. (2016) *Konvergentnye tekhnologii: epistemologicheskii analiz* [Convergent technologies: epistemological analysis]. (PhD), Tomsk: FGAOUVO.

7. Dudin M.N., Shut'kov A.A., Anishchenko A.N. (2019) *Shestoy bol'shoy tsikl v razvitii mirovoy ekonomiki: epokha NBIC-konvergentsii v APK* [The sixth big cycle in the development of the world economy: the era of NBIC convergence in the agro-industrial complex]. *Market economy problems*, no. 3, pp. 74–82. Available at: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2019-3-74-82>.

8. Matiushenko I.Yu., Buntov I. Yu. (2011) Synerhetichnyi efekt rozvytku NBIC-tekhnologii dlia vyrishennia hlobalnykh problem liudstva [Synergetic effect of the development of NBIC-technologies to solve global problems of mankind]. *Problems of the economy*, no. 4, pp. 3–13.

9. Schwab K. (2016) *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond* URL: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/thefourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> (accessed: 13.11.2021).

10. Dotsenko E. (2017) *NBIC-Convergence as a Paradigm Platform of Sustainable Development*. The Second International Innovative Mining Symposium.

Available at: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2017/09/e3sconf_2iims2017_04013.pdf. DOI: 10.1051/e3sconf/20172104013 (accessed: 03.02.2022).

11. Sahdeev R., Kabanov A. (2016) *Konverhentsiya nauk: nuzhno ly sazhat vsekh uchenykh pod odnu «kryshu»?* [Convergence of sciences: is it necessary to put all scientists under one "roof"?]. Available at: <https://trv-science.ru/2016/01/konvergenciya-nauk/> (accessed: 05.02.2022).

12. Lee, S. Y. (2017) *Busan needs to formulate the strategies of the fourth industrial revolution with the rapidly changing waves*. *Busan Development Forum*, 163. P. 36–49.

13. Baweja, B., Donovan, P., Haefele, M., Siddiqi, L., & Smiles, S. (2016). *Extreme automation and connectivity: The global, regional, and investment implications of the Fourth Industrial Revolution*. UBS White Paper for the World Economic Forum Annual Meeting. Available at: http://www.tadviser.ru/images/b/b7/Extreme_automation_and_connectivity_The_global%2C_regional%2C_and_investment_implications_of_the_Fourth_Industrial_Revolution.pdf (accessed: 07.02.2022).