

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ

Матюшенко І.Ю., доктор економічних наук, професор
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Україна

Статтю присвячено дослідженню основних тенденцій розвитку конвергентних технологій в країнах-технологічних лідерах для вирішення глобальних проблем в умовах нової промислової революції. Наведено аналіз і порівняльну характеристику актуальних економічних парадигм, спрямованих на вирішення глобальних проблем. Встановлено, що логіка розвитку науки рухається від вузької спеціалізації до міждисциплінарності і створення в кінцевому результаті об'єднаної науки, яка синтезує якісно нові технічні і суспільні науки. При цьому відбувається конвергенція наук про людину, природу та суспільство, що призводить до появи синергетичного ефекту і створює теоретичне підґрунтя для вирішення глобальних проблем.

Показано, що з появою перших надгалузевих NBIC-технологій і наук людство одержало нову науково-технологічну базу, що надає можливість: на атомно-молекулярному рівні контролювати процеси, синтезувати штучні матеріали, яких не існує в природі і які мають властивості, відмінні від тих, що мають існуючі в природі речовини; моделювати і програмувати результати за допомогою суперкомп'ютера та інформаційних технологій; одержати інструментарій і теоретичну основу для зближення органічного світу (живої природи) з неорганічним за рахунок розвитку біотехнологій; описати і пояснити процеси в мозку людини, що відповідають за її вищу нервову діяльність, а також реалізувати вказані принципи в системах штучного інтелекту за допомогою когнітивних технологій.

Викладено основні положення сучасної концепції конвергенції знань, технологій і суспільства як зростаючої та схильної до трансформацій взаємодії між технологіями, суспільством та сферами людської діяльності для досягнення взаємних сумісності, синергізму та взаємопроникнення, створення за допомогою цих процесів доданої вартості і розширення для задоволення потреб людства та досягнення спільних цілей. Доведено, що основним трендом у вирішенні глобальних проблем людства на основі конвергенції знань технологій і суспільства є використання NBIC-технологій як ядра і фундаментальних інструментів розвитку та поширення системи передового виробництва Smart TEMP як ключового фактору нової промислової революції.

Ключові слова: конвергентні технології, міждисциплінарні дослідження, глобальні проблеми, нова промислова революція, передові виробничі технології.

Постановка проблеми. Сьогодні, коли людство стикнулося з низкою глобальних проблем, діяльність будь-якої держави, що ставить за мету покращення якості життя населення, повинна бути спрямована на вирішення цих проблем. Після кризи 2008–2009 рр. більшість розвинених держав світу головним інструментом вирішення глобальних проблем вважають конвергентні технології, в основі яких є взаємний вплив і взаємне проникнення складових цих технологій (перш за все нано-, біо-, інформаційних і когнітивних). В той же час проблемним залишається питання поєднання конвергентних технологій з передовими виробництвами нової промислової революції, що створюють матеріальне підґрунтя для вирішення глобальних проблем

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливостям розвитку постіндустріального суспільства та перспективам нової промислової революції для вирішення глобальних проблем присвячено багато робіт відомих учених, зокрема: У. Бейнбриджа, Д. Белла, Дж. Гелбрейта, Ч. Грифдстаффа, А. Грублера, П. Дракера, Е. Дрекслера, В. Іноземцева, М. Кастельса, Р. Нігматуліна, Р. Ніжегородцева, К. Перес, В. Полтеровича, Дж. Ріфкіна, М. Роко, Л. Туроу, К. Фрімена, Ф. Фукуями Т. Цихан, Ю. Яковця. Аналізу та прогнозуванню науково-технологічного й інноваційного потенціалу країни присвячені роботи А. Акаєва, Л. Антоненко, Т. Близнюк, А. Бузгаліна, Г. Клейнера, А. Гальчинського, В. Гейця, М. Згуровського, М. Йохни, В. Іванова, Б. Кваснюка, О. Лапко, І. Одотюка, О. Поповича, О. Саліхової, В. Семіноженка, В. Соловійова, Л. Федулової, А. Чухна та ін. Проблематиці формування науково-технічної політики держави присвячені дослідження Г. Андрощука, О. Андрошової, Л. Антонюк, С. Архіреєва, Ю. Бажала, П. Бубенка, О. Волкова, Л. Вороніної, О. Голіченка, А. Динкіна, Т. Кваші, М. Кизима, А. Колганова, О. Лайко, О. Мазура, О. Манойленка, Б. Мільнера, Л. Мельника, С. Ратнера, В. Стадника, Е. Янча, А. Нікіфорова, А. Філіпенка та ін. Водночас, як свідчить практика визначення пріоритетів науково-інноваційної діяльності у країнах світу та наявний теоретичний доробок учених, проблема розвитку конвергентних (перш за все NBIC) технологій як ключового фактора для вирішення глобальних проблем в умовах нової промислової революції потребує подальшої розробки.

У зв'язку з цим **метою статті** є визначення основних тенденцій розвитку конвергентних технологій в країнах-технологічних лідерах для вирішення глобальних проблем в умовах нової промислової революції.

Основні результати дослідження. Згідно з Декларацією тисячоліття Організації Об'єднаних Націй будь-яка держава світу у процесі свого економічного розвитку повинна, в першу чергу, створювати сприятливі умови для того, «щоб життя людей було довгим, здоровим і наповненим творчістю» [1]. Крім того, наприкінці ХХ століття людство стикнулося з цілою низкою як глобальних, так і специфічних національних проблем, що існують у кожній країні світу, на вирішення яких і має бути спрямована діяльність держави та суспільства.

1. Сучасні парадигми вирішення глобальних проблем

Термін «глобальні проблеми» був вперше застосований у наукових розробках учених Римського клубу у 60-ті роки ХХ століття і у загальному вигляді мають такі суттєві ознаки: (1) стосуються не тільки окремих людей, а й всього людства; (2) не можуть бути вирішені окремими країнами, а потребують цілеспрямованих та організованих зусиль всього світового співтовариства; (3) тісно пов'язані одна з одною, охоплюють всі сторони життя людей, тому вимагають комплексного вирішення [2–4]. За останні 50 років чимала кількість іноземних і вітчизняних учених присвятили свої дослідження вивченню цих проблем та їх трансформації і впливу на розвиток конкретної країни. На основі сучасних досліджень українських учених основні глобальні проблеми, що відносяться, насамперед, до матеріальної сфери, доцільно поєднати у чотири групи: (1) депопуляція і старіння населення; (2) нестача продовольства і вичерпання запасів низки видів сировини та палива; (3) екологічні проблеми, нова енергетика й енергозбереження; (4) уповільнення науково-технічного прогресу й відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу (рис. 1).

При цьому спеціалісти з технологічного прогнозування (technology foresight) пропонують науково обґрунтовані прогнози, які безумовно слід враховувати при розгляді механізмів вирішення глобальних проблем людства, що залежать від стадії економічного і технологічного розвитку країни.



Рисунок 1 – Основні глобальні проблеми у матеріальній сфері (складено автором відповідно до [5–7])

Сьогодні існує велика кількість економічних теорій, які намагаються надати прогноз соціально-економічному розвитку суспільства. Широко відомі теорії західних спеціалістів з теорії постіндустріального суспільства і футурології, а саме: Д. Белл, П. Дракер, Дж. Гелбрейт, Ф. Фукуяма, Л. Туроу, М. Кастельс – провідні спеціалісти з питань постіндустріальної теорії; Л. Едвінсон, О. Тоффлер, Т. Стюарт, Ч. Хенді, Т. Сакайя – фахівці з проблем управління і теорії сучасної корпорації; А. Гор, Д. Мідоуз, Р. Райх, П. Пільцер, С. Хантингтон, Р. Інлегарт, Е. фон Вайцзеккер – найбільш відомі експерти з проблем сталого розвитку і відносин із «третім світом» [8]. У роботах цих учених виокремлюються три основні типи економіки – доіндустріальна, індустріальна та постіндустріальна, при цьому постіндустріальна характеризується переведенням економіки на інноваційний шлях розвитку, зокрема за рахунок вироблення фундаментальних знань і розробки на їх основі принципово нових видів продукції та послуг, високих технологій, а також поширення передових (проривних) технологій, перш за все нано-, біо-, інформаційних і когнітивних технологій і їх конвергенції. Крім того, існує багато критичних поглядів на згадані теорії [9] та модернізацію економіки [10].

Узагальнюючи результати досліджень сучасних вчених, можна зробити висновок, що в сучасній економічній теорії паралельно розвиваються декілька провідних парадигм економічного аналізу,

що спрямовані на вирішення глобальних проблем і суттєво розрізняються за предметом і об'єктом дослідження [11–14] (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика актуальних економічних парадигм, спрямованих на вирішення глобальних проблем [11–14]

Парадигма	Ознаки порівняння			
	Об'єкт дослідження	Цільова орієнтація об'єкта	Предмет дослідження	Сутність економічної системи
Неокласична	Економічний агент	Максимізація прибутку від усіх видів діяльності	Поведінка агентів на ринку	Сукупність агентів, що взаємодіють
Інституційна	Інститути економічної системи	Відповідність агента інституційним нормам і правилам	Відношення між агентами та інститутами	Сукупність агентів, що взаємодіють, і інститутів
Еволюційна	Популяризація агентів зі схожим соціально-економічним генотипом	Динамічне прямування за еволюційними законами розвитку	Поведінка популяції агентів у відповідності з еволюційними факторами	Сукупність популяцій агентів, що діють під впливом еволюційних факторів
Системна (міждисциплінарна)	Соціально-економічні утворення, які мають технологічний, біологічний, економічний, соціальний характер	Сукупність факторів: особисті інтереси; інституційний вплив; еволюційна складова	Чинники і фактори виникнення і розвитку системних комплексів	Сукупність взаємопов'язаних техно-еко-соціо-біо- та інших системних комплексів
Неоінституційна* (міждисциплінарна)	Інститути економічної системи, що визначають поведінку економічних агентів на основі моделі раціонального вибору	Раціональне розміщення ресурсів та ефективний економічний розвиток	Комплекс фундаментальних предметних досліджень: теорія розвитку інститутів, теорія трансакційних витрат, економічна теорія прав власності, теорія контрактів і агентських угод, економічна теорія організацій, нова економічна історія	Сукупність норм і інститутів, що формують і регулюють відносини як між агентами, так і між субстанціями навколо них. Три сфери існування людини (людина, природа, суспільство) продукують появу шести вторинних сфер їх взаємного існування: людина-природа, людина-суспільство, природа-людина, природа-суспільство, суспільство-людина та суспільство-природа

*парадигма, що тільки формується

З табл. 1 видно, що в неокласичній концепції економічна система розглядається як сукупність економічних агентів (юридичних і фізичних осіб), що взаємодіють між собою у вільному ринковому просторі у процесі виробництва, обміну і споживання продукції і послуг, метою якої є максимізація індивідуального прибутку.

Інституційна теорія передбачає, що поведінка економічних агентів формується під впливом колективів і соціальних норм, так званих інститутів, і спрямована на забезпечення максимальної

відповідності агента формальним і неформальним нормам та інститутам у всій їхній різноманітності (тобто предметом вивчення є не самі економічні агенти, а агентські відношення і контракти, що виникають в інституційному середовищі).

Міждисциплінарна системна парадигма характеризується: (1) об'єктом – складними комплексами, що включають взаємодіючі підсистеми: економічні, біологічні, технічні, інституційні, правові, соціальні тощо; (2) головними особливостями: вивчення системи в цілому і взаємозалежностей між цілим і його частинами; (а) розглядається як цільна суспільна наука, що має міждисциплінарний характер (не може бути зведена лише до однієї окремої дисципліни на кшталт економіки, соціології або політології); (б) намагається поєднати базові положення інших парадигм, визнаючи вплив на дії агентів у складних комплексах як інституційних, так і особистих інтересів, пов'язаних з одержанням прибутку, а також успадкованих в еволюційному розвитку властивостей агента; (в) постійні інститути утворюють центральну ланку цієї мегадисципліни; визнання історії і спадкоємності в еволюційному процесі розвитку організацій; (г) особлива увага до факторів переваг і пріоритетів індивідуальних переваг; (д) вивчення процесів трансформації систем і парадигм, причин і факторів перехідних процесів; (е) визнання наявності системно специфічних дисфункцій, наявності опортуністичної поведінки [16]. Отже, системна парадигма орієнтована на вивчення складних біо-соціо-економічних комплексів, виявлення тенденцій і закономірностей їх розвитку під впливом навколишніх зовнішніх і внутрішніх факторів і середовищ.

Ще одним міждисциплінарним дослідженням суспільних процесів, що сформувалося на початку ХХІ століття, є неоінституційна парадигма, яка сьогодні об'єднує багатьох спеціалістів, а також професійні об'єднання на кшталт Міжнародної спілки з нової інституційної економічної теорії (International Society for the New Institutional Economics, ISNIE) [15–17]. Вказана парадигма використовує поняття інститутів для пояснення поведінки економічних агентів на основі моделі раціонального вибору, спрямованої на раціональне розміщення ресурсів і ефективний економічний розвиток. Крім того, нова ідея щодо формування регулювання нормами й інститутами відносин не тільки між економічними агентами, але й між субстанціями навколо, є корисною під час вивчення процесів технологічної конвергенції. Отже, неоінституційна теорія, відбиваючи процеси конвергенції різних напрямів суспільних наук, являє собою синтезуючий напрям в економічній теорії, який у перспективі спроможний досягти синергетичного ефекту.

Таким чином, аналіз актуальних сьогодні парадигм, спрямованих на вирішення глобальних проблем, показує, що розвиток економічної теорії технологічних змін рухається у напрямку створення певних наукових комплексів, які синтезують як технічні, так і суспільні науки. При цьому відбувається конвергенція наук про людину, природу та суспільство, що призводить до появи синергетичного ефекту.

2. Конвергенція технологій, знань і суспільства як основа для вирішення глобальних проблем

Аналіз сучасних глобальних тенденцій економічного розвитку показує, що для низки промислово розвинених країн провідними напрямками наукових досліджень були: з 50–60-х років ХХ століття – інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ); з 70–80-х років – біотехнології; на початку ХХІ століття – нанотехнології, а наприкінці першого десятиліття ХХІ століття – когнитивні технології (або технології штучного інтелекту). У загальному вигляді можна запропонувати такі визначення: нанотехнології – це наука й техніка створення, виготовлення, характеристики та реалізації матеріалів і функціональних структур і пристроїв на атомному, молекулярному й нанометричному рівнях; біотехнології – це сукупність фундаментальних і прикладних досліджень, а також інженерних рішень, спрямованих на використання біологічних об'єктів, систем або процесів у промислових масштабах; інформаційно-комунікаційні технології – це сукупність міждисциплінарних досліджень та інженерних рішень, в яких інформація є вирішальним засобом і предметом праці, а також основним продуктом виробництва і предметом споживання; когнітивні технології – міждисциплінарна галузь, що поєднує дослідження закономірностей одержання, зберігання і використання знань людства, а також технологій їх практичного застосування у сферах суспільно-економічного розвитку [18, 19].

С. Лем одним з перших дослідників ще в 1950–1960-ті роки дійшов висновку, що біотехнологічна та інформаційна революції будуть формувати в перспективі нову інноваційно-технологічну цивілізацію ХХІ століття [20, с. 615]. Згідно з концепцією С. Лема, з другої половини ХХ століття (коли за деякими концепціями людство переходить до постіндустріальної цивілізації) почався новий етап – «стратегічна гра» під назвою «Цивілізація – Природа», що є об'єктивною взаємодією двох еволюцій: біологічної, яка властива Природі, і технологічної, яка відповідає потребам сучасної цивілізації. Вказані технології, на думку С. Лема, будуть визначати нові параметри цивілізаційного розвитку,

перетворюючи постіндустріальну цивілізацію на інноваційну, в якій підсистема «Цивілізація – Природа» посяде чільне місце в цивілізаційному розвитку людства в XXI столітті [20, с. 149].

Відомий американський вчений Ф. Фукуяма, який займається науково-технологічною проблематикою і глобальними перспективами людської цивілізації, також вважав, що нова «постлюдська цивілізація» буде результатом розвитку у XXI столітті високих технологій на основі біотехнологічної революції, які можуть кардинально змінити як фізіологію людини, так і її ціннісні орієнтири, мораль, культуру, релігію, включаючи й саму науку [21, 22]. Але, оскільки людина є частиною Природи, то фактично відбудеться зміна форми і змісту самої Природи, що відповідає ідеям С. Лема.

Ще один американський вчений Н. Бостром, спираючись на ідеї всевітньо відомого футуролога Р. Курцвейля, вважає, що біотехнології й ІКТ XXI століття викликають революцію у людському суспільстві і свідомості людини [23, 24]. Він стверджує, що цивілізація прийде до стадії «постлюдської», прийнявши різноманітні форми і використовуючи при цьому нанотехнології. Крім того, існує ще більш футуристична точка зору, яку підтримує низка вчених і аналітиків щодо можливості протягом найближчих 100–150 років перетворення людини на «електронних кіборгів» на основі використання високих технологій. І прикладів цьому чимало: розробка копій людини – андроїдів або моделювання людини і комах у військових цілях.

Всесвітньо відомий американський вчений-апологет нанотехнологій Е. Дрекслер, на основі ідей Р. Фейнмана, у створеному ним у США Інституті Форсайту розглядає різні теорії і гіпотези щодо розробки інноваційних технологій [25, 26]. Е. Дрекслер вважає, що саме нанотехнології стануть основою для будівництва майбутньої цивілізації XXI століття, підкреслюючи, що майбутнє буде пов'язано не просто з розповсюдженням нанотехнологічних компонент, а з перетворенням на цій основі самої технологічної сутності матеріального виробництва – переходу до того, що він називає атомарно точним виробництвом (АТВ).

Саме нанотехнології стають з'єднуючою ланкою між іншими революційними технологічними напрямками, які виникли за останні 20–30 років, і дозволяють одержати якісно нові можливості від конвергенції цих напрямів і розвитку кожного з них для усіх сфер суспільного життя. Так, наприклад, нанотехнології вже зачіпають і можуть докорінно змінити (за прогнозами спеціалістів) медицину і біотехнології, енергетику, електроніку, обробку промисловість і багато інших галузей економік країн світу. Перехід до нанотехнологій, а саме до атомного конструювання будь-яких матеріалів, надає найважливіший результат – дематеріалізацію виробництва і різке якісне зменшення енерго- і ресурсоемності, що дозволить стрімко підвищити середню продуктивність праці, приведе до стрибка у можливостях виробничих сил.

В табл. 2 наведено порівняння чотирьох технологічних революцій за Е. Дрекслером.

Масштаб цього переходу Е. Дрекслер описує не просто як чергове технологічне вдосконалення, а як четверту технологічну революцію в історії людства – після аграрної, промислової та інформаційної. За Е. Дрекслером в АТВ [25]:

- використовуються нанорозмірні пристрої, що обробляють матеріали з атомарною точністю, а природна організація машин і механізмів всередині АТВ-системи практично відповідає тій, що використовується на сучасних фабриках і заводах;
- подібно механізмам біологічного метаболізму і на противагу промисловості, АТВ не має потреби в інфраструктурі, що охоплює всю Землю, а необхідний АТВ ланцюг постачань може бути таким саме коротким, як ланцюг від сонячного світла до трави. Отже, як і сільськогосподарські процеси, АТВ спроможне покласти на загальнодоступні локальні матеріали і сонячну енергію, що відносно дешево за допомогою фотовольтаїки перетворюється на електричну і без викидів CO₂;
- реалізується сутність цифрового принципу, який дозволяє АТВ-механізмам виробляти точні матриці атомів, що являють собою великі, але точні молекулярні структури. Отже, з цієї точки зору, АТВ означає перенесення в матеріальний світ цифрової революції. Іншими словами, АТВ має такий потенціал матеріальної революції, який здатен забезпечити його розповсюдження зі швидкістю цифрових медіа.

Таким чином, АТВ для Е. Дрекслера спроможне кардинально підвищити енергоефективність, знизити матеріаломісткість сучасної техносфери і на цій основі надати людству можливість вийти з мальтузіанської пастки обмежених ресурсів нашої планети і вирішити проблему «меж зростання», яка постала перед сучасною цивілізацією в роботах вчених Римського Клубу [4, 5].

У перше десятиліття XXI століття бурхливий розвиток одержали когнітивні науки у зв'язку з результатами досліджень мозку людини, процесів мислення, розуму, біологічного та штучного

інтелекту. Сучасна науково-технічна революція, а також можливості конвергенції нано-, біо-, інфо- і особливо когнітивних технологій створюють можливість змінити не тільки фізіологічну сутність людини, але й її мислення і розум, тобто змінити природу людини, яка є основним творцем існуючої на Землі цивілізації.

Таблиця 2 – Технологічні революції за Е. Дрекслером [25, с. 96–97]

Сутність	Вплив на людину
Аграрна революція	
Надала нові засоби виробництва продуктів харчування і матеріалів за рахунок використання виробничих можливостей молекулярних наносистем живих організмів	Розповсюдження постійних поселень та інвестицій у земельні ділянки привело до більш ніж сторазового збільшення щільності населення. Відкрилася можливість розвитку міст і цивілізації
Промислова революція	
Надала нові засоби виробництва матеріальних об'єктів за рахунок використання виробничих можливостей штучних механічних систем масштабу людини	Протягом двохсот років виробничі потужності збільшилися більш, ніж у сто разів. Відкрила можливості виробництва нових зразків продуктів, появи нових зразків життя і безперервних змін у структурі цивілізації
Інформаційна революція	
Надала нові способи обробки інформації за допомогою високочастотних нанорозмірних пристроїв, що використовуються для обробки і доставки послідовності бітів	Призвела до експоненційного зростання можливостей з обробки інформації (сьогодні вони зросли більш, ніж у мільярд разів). Відкрила можливість для створення інформаційних продуктів і нових способів організації матеріального і людського світу на основі безперервних змін у структурі цивілізації
АТВ-революція	
Надала нові засоби виробництва матеріальних об'єктів. Як і в аграрній революції, будуть використовуватися атомарно точні виробничі машини. Як і в промисловій революції, для виробництва різноманітних речей будуть використовуватися штучні механічні системи. Як і в інформаційній революції, для обробки і доставки послідовностей (але таких, що складаються скоріш із атомів, ніж із бітів) будуть використовуватися високочастотні нанорозмірні пристрої	Як і кожна з попередніх революцій, вона призведе до глибоких змін в продуктах, продуктивності, засобах виробництва і у людському суспільстві. Спроможна забезпечити продуктивність в сільському господарстві, промисловості й обчисленнях у 10-1000000 разів. Спроможна привести до різкого розширення масштабів збільшення видів виробництва продукції, трансформації матеріального базису цивілізації і скорочення впливу діяльності людини на клімат і Землю в цілому.

Сьогодні для більшості експертів у галузі стратегічного планування, науково-технічної політики та інвестування стало чітко визначеним, що людство, яке вже пережило комп'ютерну революцію останньої третини ХХ століття та біотехнологічну революцію останнього десятиліття минулого століття, знову стоїть перед глобальними технологічними перетвореннями, наслідки яких будуть ще більш масштабнішими і якісно новими [27]. Так, бурхливий прогрес на початку ХХІ століття нанотехнологій у всіх галузях науки, виробництва, медицини, національної безпеки, побуту, відпочинку і розваг, а також когнітивної науки – міждисциплінарної галузі досліджень, що вивчає закономірності одержання, зберігання і використання знань людства – оцінюється багатьма вченими як початок нової наукової революції [18, 27–30].

З появою всього кілька десятиліть тому інформаційних технологій, які спочатку розглядалися просто як ще одна нова технологія, сьогодні докорінно змінюється погляд на галузевий характер економіки. Саме інформаційні технології – це перші технології, що мають надгалузевий характер, без використання яких немає прогресу в жодній відомій галузі: це й телемедицина, і дистанційне навчання, і автоматичні системи управління станком, автомобілем, літаком, кораблем тощо. Отже, інформаційні технології не просто стали додатковою ланкою разом з існуючими дисциплінами, а об'єднали їх і стали загальною методологічною базою (рис. 2) [11, 12].

Крім того, з розвитком нанотехнологій, які виконують таку ж надгалузеву роль і на відміну від інформаційних технологій – матеріальні, утворюється принципово новий фундамент будь-якої галузі промисловості у вигляді принципово нового атомно-молекулярного способу конструювання нових матеріалів. Отже, нанотехнології – це принципова модернізація усіх існуючих дисциплін і

технологій на атомарному рівні, це фундамент для розвитку усіх без виключень галузей економіки постіндустріального суспільства.

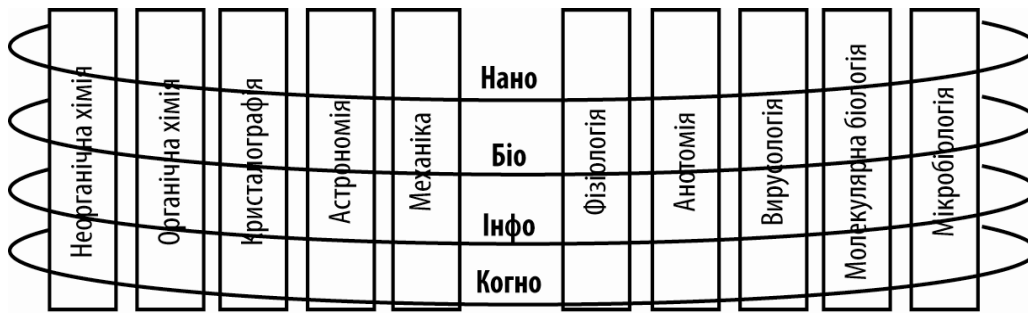


Рисунок 2 – Надгалузевий характер NBIC-технологій (складено автором відповідно до [11, 12])

З появою цих перших надгалузевих технологій і наук поряд з традиційною лінією розвитку науки – аналізом, остаточно сформувалась нова – лінія синтезу, коли людство одержало можливість синтезувати штучні матеріали, яких не існує в природі і які мають властивості, відмінні від тих, що мають існуючі в природі речовини. Наразі з появою якісно нової науково-технологічної бази є можливість контролювати процеси, що відбуваються на атомно-молекулярному рівні, змодельовати і запрограмувати результат за допомогою суперкомп'ютера. Отже, інформаційні технології надають інструменти для розвитку інших, зокрема, за рахунок моделювання різних процесів. Крім того, сьогодні відбувається зближення органічного світу (живої природи) з неорганічним. Біотехнології надають інструментарій і теоретичну основу для нанотехнологій і когнітивної науки, а також для розвитку інформаційних (комп'ютерних) технологій. Когнітивні технології вже надають можливість описати і пояснити процеси в мозку людини, що відповідають за її вищу нервову діяльність, а також реалізувати вказані принципи в системах штучного інтелекту.

Таким чином, з урахуванням періодизації основних хвиль інноваційного розвитку, згідно з М. Кондратьєвим, Й. Шумпетером, К. Фріменом, а також беручи до уваги теоретичні розробки сучасних вчених, зокрема, С. Глазьева, В. Іноземцева, Н. Іванової, Ю. Яковця та інших, було встановлено, що сьогодні формується відтворювальна система нового, шостого, технологічного укладу, становлення і зростання якого будуть визначати глобальний економічний розвиток у найближчі два-три десятиліття. На думку С. Глазьева [31], Б. Кузика [32, с. 212-215], Ю. Яковця [33, с. 145-146] та й багатьох інших дослідників, ключовим фактором ядра шостого технологічного укладу будуть саме нанотехнології, а також альтернативна та нова ядерна енергетика.

Термін «NBIC-конвергенція» було введено М. Роко і У. Бейнбріджем у звіті за 2002 р., підготовленому в рамках Всесвітнього центру оцінки технологій (WTEC) [34, 35]. Звіт був присвячений особливостям NBIC-конвергенції, її значенню у загальному ході технологічного розвитку світової цивілізації, а також її еволюційному і культурологічному значенню. Сутність NBIC-конвергенції полягає у злитті чотирьох революційних науково-технологічних напрямків: N – нанотехнологій; B – біотехнологій; I – інформаційно-комунікаційних технологій; C – когнітивних наук [35]. Конвергенція являє собою не тільки взаємний вплив, але й взаємне проникнення технологій, коли границі між окремими технологіями стираються, а самі цікаві й неочікувані результати з'являються саме в рамках міждисциплінарної роботи на стику наук. З розвитком конвергенції NBIC-технологій вперше в історії людства спостерігається паралельне прискорення розвитку декількох науково-технічних напрямів, що безпосередньо впливають на суспільство. Відповідно, розвиток NBIC-технологій приведе до стрибка у можливостях виробничих сил. І саме в рамках NBIC-конвергенції вже сьогодні відбувається часткове злиття науково-технологічних напрямів в єдину науково-технологічну галузь знання [11, 12, 18, 29, 36, с. 48–49].

Враховуючи дослідження, основані на аналізі наукових публікацій, візуалізації результатів взаємного цитування і кластерного аналізу, у доповіді К. Борнера була побудована схема мережі найновіших технологій [37]. Автори цього дослідження (Борнер та інші) взяли за основу матеріали кількох тисяч наукових журналів, згрупували близькі за тематикою журнали за допомогою кластерного аналізу, базуючись на частоті взаємного цитування. Таким чином, на одній схемі була показана уся цілісна картина сучасної науки [38].

Крім того, Д. Медведєв – відомий вчений з проблем трансгуманізму – вказану мережу доробив у карту перетину новітніх технологій [36, с. 49]. Розташовані на периферії карти основні сфери

найновіших технологій утворюють спільні області взаємних перетинань, де на стиках використовують інструменти і напрацювання однієї галузі для розвитку іншої.

У результаті принципово змінюється підхід до організації дослідницької роботи – від вузькоспеціального до міждисциплінарного методу проведення наукових досліджень, повернення до єдиної цілісної картини світу [18, 19, 39].

Враховуючі вказані вище взаємозв'язки, у наукових колах розвинених країн була створена наукова концепція злиття NBIC-галузей науки і технологій в єдину науково-технологічну область знань.

Сьогодні спостерігається виникнення нової цілісної науки, заснованої на матеріальній єдності навколишнього світу. Така область знань включає до предмета свого вивчення практично всі рівні організації матерії: від молекулярної природи речовини (нано), до природи життя (біо), природи розуму (когно) і процесів інформаційного обміну (інфо). При цьому елементарними структурними елементами є атоми, гени, біти і синапси. В принципі, така теорія дозволяє наблизитись до створення нової науково-технічної картини світу, основаної на уявленнях про складну єдність матеріального світу, обумовлену ієрархічністю, взаємозв'язком і трансформацією його компонент [35].

Отже, NBIC-конвергенція являє собою радикально новий етап науково-технічного прогресу, який не має аналогів за ступенем впливу на людську цивілізацію. Відмінними особливостями NBIC-конвергенції є: інтенсивна взаємодія між вказаними NBIC-науковими і технологічними областями; значний синергетичний ефект; широка сфера предметних областей, що розглядаються і підвладні впливу, від атомарного рівня матерії до розумних систем; перспектива якісного зростання технологічних можливостей індивідуального і суспільного розвитку людини [36, с. 58].

Концепція NBIC повинна призвести не тільки до створення абсолютно нових товарів, послуг, матеріалів і пристроїв, але й до створення якихось типів виробництв, що не мають ще назви, засобів медичного обслуговування, транспортних систем і навіть принципово нових методик наукового дослідження, заснованих на застосуванні одночасно усього комплексу засобів, які напрацьовані у фізиці, хімії, біології, математиці, інформатиці тощо [35]. Отже, за своїми наслідками NBIC-конвергенція є найважливішим еволюційно-визначальним фактором: розвиток вказаних технологій вплине на усі сторони життя людини (і багато з них змінить радикально), а сама еволюція людини перейде під її власний розумний контроль [36].

Вироблення комплексного і послідовного підходу до такої складної проблеми, як конвергенція технологій, повинно базуватись, перш за все, на: (1) вирішенні глобальних проблем людства; (2) підвищенні продуктивності праці; (3) створенні принципово нових товарів і послуг. Логіка розвитку науки визначає перехід від вузької спеціалізації до міждисциплінарності і створення в кінцевому результаті об'єднаної науки, яка будується на синергетичному ефекті від взаємопроникнення ключових NBIC-наук і технологій.

Таким чином, з 2001 року, коли вперше відбулась презентація доповіді М. Роко (м. Арлінгтон, США) щодо концепції NBIC-конвергенції, та з 2003 року, коли був надрукований звіт Національного наукового фонду (NSF) США «Конвергентні технології для підвищення якості діяльності людини» [34], відбулася низка міжнародних наукових конференцій, досліджень і семінарів, присвячених темі конвергентних технологій, зокрема в 2003 р. (м. Лос-Анджелес, США), 2004 р. (м. Нью-Йорк, США), 2005 р. (м. Сеул, Корея), 2011–2012 рр. (м. Сан-Паулу, Бразилія). Вказана концепція активно застосовувалася для вивчення впливу технологічних змін на соціально-економічний розвиток суспільства у США, ЄС, Японії, Китаї Латинській Америці.

У 2013 р. за результатами проведених дискусій і досліджень було опубліковано звіт WTEC, в якому викладені основні положення щодо конвергенції знань, технологій і суспільства (КЗТС), зокрема наведені основні принципи конвергенції людської діяльності – у тому числі для створення знань та технологічних інновацій, а також запропоновано трансформаційний підхід для досягнення соціального блага, механізми та можливі системи рішень для викликів суспільству у наступному десятиріччі, у тому числі й такі, які створюють нові знання, галузі промисловості, професії; боротьбу проти зростання населення, масованої урбанізації та глобалізації; функціональність національної безпеки; покращення довічного добробуту та людського потенціалу; побудову індивідуальних та комплексних програм охорони здоров'я та освіти; боротьбу з проблемами навколишнього середовища; збереження сталої якості життя назавжди [40–42]. КЗТС – зростаюча та схильна до трансформацій взаємодія між технологіями, суспільством та сферами людської діяльності для досягнення взаємних сумісності, синергізму та взаємопроникнення, створення за допомогою цих процесів доданої вартості і розширення для задоволення потреб людства та досягнення спільних цілей. КЗТС дозволяє

суспільству вирішити проблеми, з якими не можливо впоратися ізольовано, а також створити нові професії, знання та технології на цій основі.

КЗТС передбачає загальний процес розвитку креативності, інноватики та соціального прогресу, що базується на п'яти універсальних принципах: (1) взаємозалежність всіх компонентів природи та суспільства; (2) аналіз рішень для досліджень, розвитку та застосування, що базується на динамічній системно-логічній дедукції; (3) посилення креативності та інновацій за допомогою еволюційних процесів конвергенції, які комбінують існуючі принципи з дивергенцією (відхиленнями), тим самим створюючи нові принципи; (4) вигода від міждомених мов високого рівня у створенні нових рішень та підтримці передачі нових знань; (5) цінність перспективних фундаментальних досліджень, втілених у глобальних проблемах [41, 42].

Так М. Роко і В. Бейнбрідж визначають три послідовні фази конвергенції науки, технологій та суспільства (табл. 3).

Отже, конвергенція прогресує протягом останніх кількох десятиліть, починаючи з нанотехнологій для матеріального світу; це, у свою чергу, призводить до конвергенції NBIC-технологій. Оскільки конвергенція – це процес, що оперує у широкому масштабі, у великому різноманітті сфер діяльності та протягом довгого періоду часу, то коли вона досягається, її власний фокус та характеристики продовжують еволюціонувати.

Таблиця 3 – Фази КЗТС-конвергенції [41, 42]

Період	Фаза	Характеристика
2001 – 2010 рр.	Реактивна конвергенція	Випадкові зв'язки, що базуються на тимчасовому співробітництві партнерів або окремих галузей для заздалегідь встановленої мети
2011 – 2020 рр.	Проактивна конвергенція	Більш принципова та змістовна, прискорена конвергенція на основі більш глибокого аналізу рішень (тобто це найближче майбутнє КЗТС)
Після 2020 р.	Системна конвергенція	Комплексна, з метою досягнення вищого рівня (мультидоменичного), з ефектом від конвергентних управлінських структур

При цьому реалізація нової промислової революції сьогодні поєднує фактори Smart TEMP (Т (technology) – розумні технології; Е (environment) – розумне середовище; М (manufacturing) – розумне виробництво; Р (products) – розумні продукти), що створюють нові ринки та галузі, сприяють зростанню продуктивності та конкурентоспроможності окремих секторів національних економік. Отже доцільно поєднати ключові елементи концепцій NBIC-конвергенції та нової промислової революції Smart TEMP (рис. 3) [11, 12, 43].

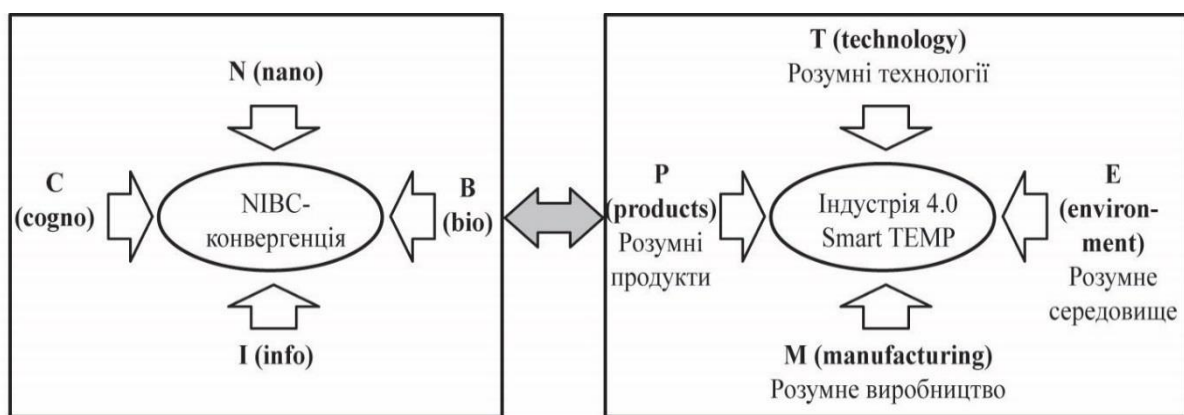


Рисунок 3 – Конвергенція NBIC-технологій у науково-технічних розробках і Smart TEMP у промисловому виробництві (складено автором відповідно до [11, 12, 43])

На рис. 4 показано запропоновані напрями вирішення глобальних проблем на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра розвитку системи передового виробництва Smart TEMP, що передбачає низку інструментів для [11, 12, 43]:

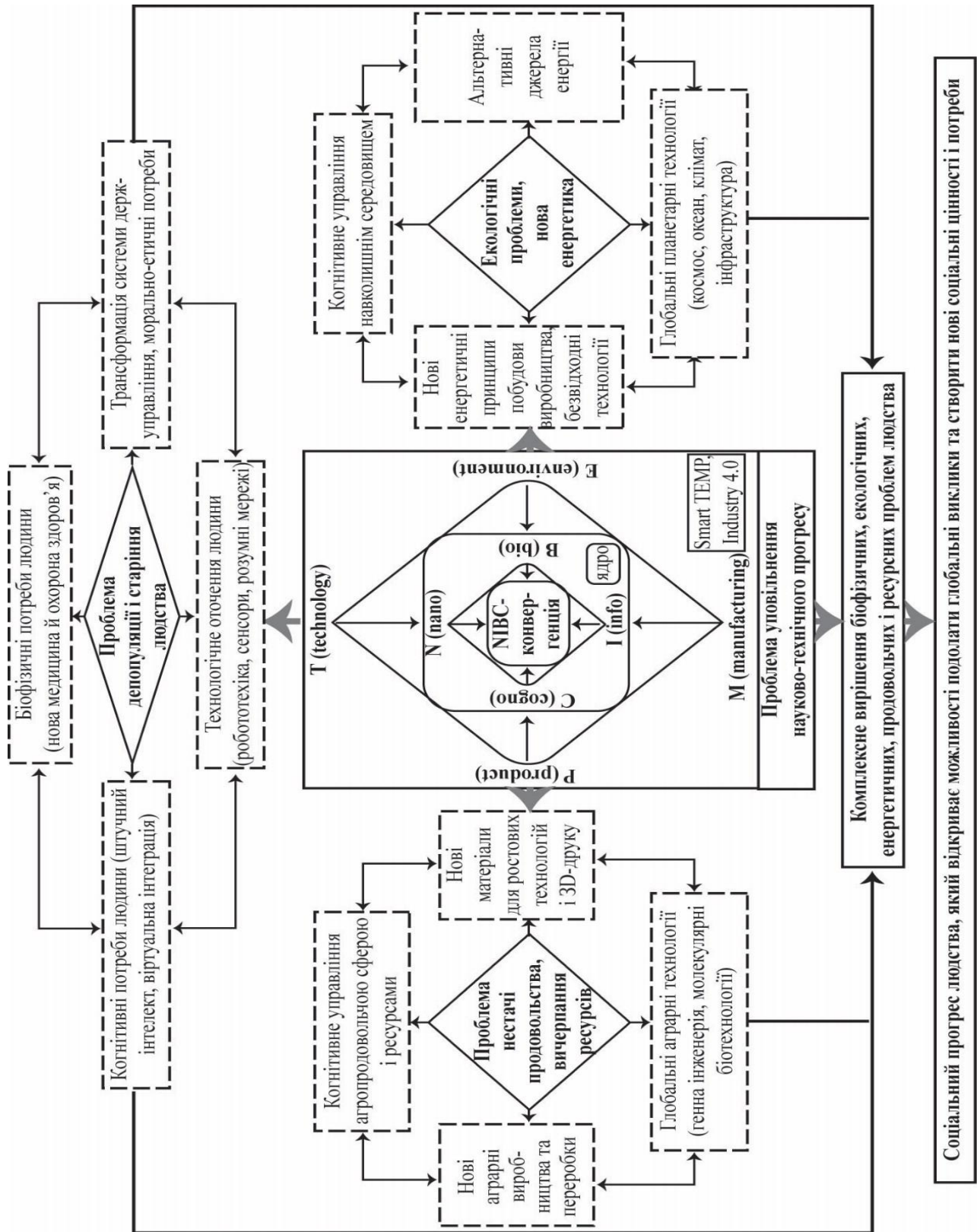


Рисунок 4 – Напрями вирішення глобальних проблем на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра розвитку системи передового виробництва Smart TEMP (складено автором відповідно до [11, 12, 43])

- подолання глобальної проблеми уповільнення науково-технічного прогресу на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра для розвитку й поширення системи передового виробництва Smart TEMP;

- подолання проблеми депопуляції і старіння населення за рахунок: (1) задоволення біофізичних потреб людини (нової медицини); (2) реалізації когнітивних потреб людини (штучний інтелект, віртуальні світи); (3) нового технологічного оточення людини (робототехніка, сенсори, розумні мережі); (4) трансформації системи держуправління, морально-етичних потреб;
- подолання глобальної проблеми нестачі продовольства та вичерпання ресурсів шляхом: (1) розвитку глобальних аграрних технологій (генна інженерія, молекулярні біотехнології); (2) створення нових розумних агровиробництв і переробки; (3) розробки та поширення нових матеріалів для ростових технологій і 3D-друку; (4) когнітивного управління ресурсами й агропродовольчою сферою;
- подолання екологічних проблем і створення нової енергетики за рахунок: (1) глобальних планетарних технологій; (2) нових енергетичних принципів побудови виробництва, безвідходних технологій; (3) альтернативних джерел енергії; (4) когнітивного управління довкіллям;
- комплексного вирішення біофізичних, продовольчих, ресурсних, екологічних і енергетичних проблем як фундаменту для соціального прогресу людства, що відкриває можливості подолати глобальні виклики та створити нові соціальні цінності та потреби.

Висновки. Сьогодні логіка розвитку науки визначає перехід від вузької спеціалізації до міждисциплінарності і створення в кінцевому результаті об'єднаної науки. При цьому відбувається конвергенція наук про людину, природу та суспільство, що призводить до появи синергетичного ефекту і створює теоретичне підґрунтя для вирішення глобальних проблем.

Основним трендом у вирішенні глобальних проблем людства на основі конвергенції знань технологій і суспільства є використання NBIC-технологій як ядра і фундаментальних інструментів розвитку та поширення системи передового виробництва Smart TEMP за рахунок: (1) реалізації державних і приватних програм, рушійною силою яких є відкритість і візуалізація; (2) прискорення розвитку фундаментальних NBIC-технологій та створення в рамках Smart TEMP нових галузей промисловості на основі міждисциплінарних досліджень та інноваційних розробок. Саме поєднання конвергентних технологій з передовими виробництвами Smart TEMP створюють матеріальне підґрунтя для вирішення інших глобальних проблем.

Література

1. Borner K. Mapping the Structure and Evolution of Science. Knowledge in Service to Health: Leveraging Knowledge for Modern Science Management [Electronic resource]. – Accessed mode: http://grants.nih.gov/grants/km/oerrm/oer_km_events/borner.pdf.
2. Bostrom N. How Long Before Superintelligence? / N. Bostrom // International Journal of Future Studies. – 2002. - № 2 [Electronic resource]. – Accessed mode: <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>.
3. Feynman R. There's Plenty of Room at the Bottom: an invitation to enter a new field of physics / R. Feynman // California Institute of Technology. – 1960. – P. 22-36 [Electronic resource]. – Accessed mode: <http://nano.xerox.com/nanotech/feynman.html>.
4. Freitas R. Economic Impact of the Personal Nanofactory / R. Freitas // Nanotechnology Perceptions: A Review of Ultraprecision Engineering and Nanotechnology. – 2006. – Vol. 2. – P. 111-126.
5. Fukuyama F. Transhumanism. Foreign Policy. 2004. № 144. P. 42-44.
6. Kurzweil R. The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology / R. Kurzweil. – New York: Penguin Group, 2005. – 672 p.
7. Matyushenko I. Convergence of Nbic-Technologies as a Key Factor in the Sixth Technological Order' Development of the World Economy / I. Matyushenko, O. Khanova // Social Educational Project of Improving Knowledge in Economics. – 2014. – Vol. 6. – P. 118-123.
8. Matyushenko I.Y. Development and implementation of converging technologies in Ukraine under conditions of a new industrial revolution: organization of state support: monograph/Summary. European Journal of Business, Economics and Accountancy [Electronic resource]. – Accessed mode: <http://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2017/01/Full-Paper-DEVELOPMENT-AND-IMPLEMENTATION-OF-CONVERGING-TECHNOLOGIES-IN-UKRAINE.pdf>.
9. Roco M. C., Bainbridge W. S. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science [Electronic resource]. – Accessed mode: http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf
10. Roco M. C., Bainbridge W. S. The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society. Dordrecht: Springer Science & Business Media [Electronic resource]. – Accessed mode: https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/MCR_130831_ConvergenceKTS_Roco+Bainbridge_JNR2013_17p.pdf.

11. Roco M. C., Bainbridge W. S., Tonn B., Whitesides G. Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies. Retrospective and outlook report. Summary of the 2011-2012 International CKTS Study [Electronic resource]. – Accessed mode: http://www.ntumems.net/About%20us/news/20150121/CTKS_Brochure.pdf.
12. Roco M. C., Bainbridge W. S., Tonn B., Whitesides G. Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies [Electronic resource]. – Accessed mode: <http://www.wtec.org/NBIC2/Docs/FinalReport/Pdf-secured/NBIC2-FinalReport-WEB.pdf>.
13. Аузана А.А. Институциональная экономика. Новая институциональная экономическая теория / А.А. Аузана. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 447 с.
14. Глазьев С. Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса / С. Ю. Глазьев. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.
15. Глазьева С. Ю. Зарубежный опыт государственного прогнозирования, стратегического планирования и программирования / С. Ю. Глазьева, Ю. В. Яковца. – М.: Государственный университет управления, 2008. – 124 с.
16. Голиченко О.Г. Модели развития, основанного на диффузии технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://institutiones.com/strategies/2257-modeli-razvitiya-osnovannogo-na-diffuzii-technologij.html>.
17. Декларація тисячоліття Організації Об'єднаних Націй // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.un.org/russian/document/declarat/summitdecl.html>.
18. Дрекслер Э. Всеобщее благоденствие. Как нанотехнологическая революция изменит цивилизацию / Э. Дрекслер, Ю. Каптуревский, С. Лурье. – М.: Изд-во Института Гайдара, 2014. – 504 с.
19. Иноземцев В.Л. Потерянное десятилетие / В.Л. Иноземцев. – М.: Московская школа полит. исследований, 2013. – 600 с.
20. Иноземцева В.Л. Новая постиндустриальная волна на Западе. Антология / В.Л. Иноземцева. – М.: Academia, 1999. – 640 с.
21. Иншаков О.В. «Ядро развития» в контексте новой теории факторов производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oleg-inshakov.ru/index.php/en/component/attachments/download/81>.
22. Казанцева А.К. NBIC-технологии: Инновационная цивилизация XXI века / А.К. Казанцева, Д.А. Рубвальтера. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 384 с.
23. Кизим М. О. Конвергенція NBIC-технологій як ключовий фактор становлення шостого технологічного укладу. Конкуренціяспроможність: проблеми науки та практики / М. О. Кизим, І. Ю. Матюшенко, Ю. М. Моїсеєнко, І. Ю. Бунтов. - Харків: ФОП Павленко О. Г. – 2011. – С. 11-38.
24. Кизим М. О. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України / М. О. Кизим, І. Ю. Матюшенко. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2011. – 392 с.
25. Кизим М.О. Основи сталого розвитку Харківської області до 2020 року: моногр. / М.О. Кизим, В.С. Пономаренко. - Харків: ВД «ІНЖЕК», 2010. – 512 с.
26. Кизим М.О. Проблеми та цілі розвитку України у світі глобальних проблем світової спільноти: моногр. / М.О. Кизим, П.В. Проноза, Ш.А. Омаров. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2010. – 96 с.
27. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – мост в будущее. Российские нанотехнологии [Electronic resource]. – Accessed mode: http://www.portalnano.ru/read/i/Infrastructure/russia/nns/kiae/convergence_kovalchuk.
28. Кузык Б. Н. Прогнозирование, стратегическое планирование и национальное программирование / Б. Н. Кузык, В. И. Кушлин, Ю. В. Яковец. – М.: Экономика, 2008. – 575 с.
29. Лем С. Сумма технологий / С. Лем. – М.: Terra Fantastica, 2002. – 668 с.
30. Матюшенко І.Ю. Оцінка глобальних і специфічних національних проблем, що потребують вирішення в Україні / І.Ю. Матюшенко, М.О. Кизим // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности. – 2011. – С. 30–38.
31. Матюшенко І.Ю. Перспективи конвергенції NBIC-технологій для створення технологічної платформи нової економіки / І.Ю. Матюшенко, І.Ю. Бунтов. – Харків: Бизнес Информ. – 2012. – №2. – С. 66-71.
32. Матюшенко І.Ю. Перспективи розвитку конвергентних технологій у країнах світу й Україні для вирішення глобальних проблем / І.Ю. Матюшенко. – Харків: ФОП Лібуркіна Л.М., 2017. – 448 с.
33. Матюшенко І.Ю. Розробка і впровадження конвергентних технологій в Україні в умовах нової промислової революції: організація державної підтримки / І.Ю. Матюшенко. – Харків: ФОП Александрова К.М., 2016. – 556 с.
34. Медведев Д. А. Конвергенция технологий – новая детерминанта развития общества / Д. А. Медведев // Новые технологии и продолжение эволюции человека. – 2008. – С. 47-84.
35. Медоуз Д.Х. Пределы роста: 30 лет спустя / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс, Ш. Беренс. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 358 с.
36. Медоуз Д.Х. Пределы роста / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс, Ш. Беренс. – М.: МГУ, 1992. – 206 с.
37. Полтерович В.М. Стратегия 2020: перспективна ли «новая модель роста»? Прямые инвестиции / В.М. Полтерович. – 2012. – № 4. – С. 18-19.

38. Роко М. К. Конвергенция и интеграция / М. К. Роко, Л. Фостер. – М.: Техносфера, 2008. – 352 с.
39. Уэбстер Ф. Теории информационного общества / Ф. Уэбстер, М.В. Арапова, Н.В. Малыхиной. – М.: Аспект Пресс, 2004. – 400 с.
40. Форрестер Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер. – М.: Наука, 1976. – 168 с.
41. Фукуяма Ф. Наше постчеловеческое будущее: Последствия биотехнологической революции / Ф. Фукуяма. – М.: АСТ ЛЮКС, 2004. – 349 с.
42. Чуаньци Хэ Обзорный доклад о модернизации в мире и Китае (2001–2010) / Хэ Чуаньци. – М.: Весь мир, 2011. – 256 с.
43. Яковец Ю. В. Эпохальные инновации XXI века / Ю. В. Яковец. – М.: Экономика, 2004. – 444 с.

References

1. United Nations Millennium Declaration (Official site). Retrieved from: <http://www.un.org/russian/document/declarat/summitdecl.html>.
2. He, Chuanzi. (2011) Overview report on modernization in the World and China (2001–2010). Moscow: Ves'mir (in Rus.).
3. Matyushenko, I. Yu. (2016). Development and implementation of converging technologies in Ukraine under conditions of a new industrial revolution: organization of a state support. Kharkiv: Sole Proprietor K. M. Aleksandrova (in Ukr.).
4. Matyushenko, I. Yu. (2017). Prospects of development of converging technologies of World and Ukraine for solving global problems. Kharkiv: Sole Proprietor L. M. Liburkina (in Ukr.).
5. Polterovich, V. M. (2012). Strategy 2020: is the «new growth model» promising? Pryamyue investitsii. Direct investments, 4, 18-19 (in Rus.).
6. Kazantsev, A. K., & Rubvalter, D. A. (eds.) (2012) NBIC-technologies: Innovative civilization of the XXI century. Moscow: INFRA-M (in Rus.).
7. Golichenko, O. G. (2011). Models of development based on technology diffusion. Economic portal. Retrieved from: <http://institutiones.com/strategies/2257-modeli-razvitiya-osnovannogo-na-diffuzii-technologij.html> (in Rus.).
8. Inozemtsev, V. L. (2013) Lost decade. Moscow: Moskovskaya shkola polit. issledovaniy (in Rus.).
9. Auzan, A. A. (eds.) (2011) Institutional economy. The new institutional economic theory. Moscow: INFRA-M (in Rus.).
10. Kyzym, M. O., & Matyushenko, I. Yu. (2011) Prospects for the development and commercialization of nanotechnologies in the economies of the world and Ukraine. Kharkiv: VD «INZHEK» (in Ukr.).
11. Matyushenko, I. Yu., & Buntov, I. Yu. (2012) Prospects for the convergence of NBIC-technologies to create a technological platform for a new economy. Business Inform, 2, 66-71 (in Ukr.).
12. Forrester, J. (1976) World Dynamics. Moscow: Nauka (in Rus.).
13. Lem, S. (2002) The sum of technology. Moscow, St. Petersburg: Terra Fantastica (in Rus.).
14. Fukuyama, F. (2004) Our posthuman future: the consequences of the biotechnological revolution. Moscow: AST, LYUKS (in Rus.).
15. Fukuyama, F. (2004) Transhumanism. Foreign Policy, 144, 42-44.
16. Bostrom, N. (2002) How Long Before Superintelligence? International Journal of Future Studies. Retrieved from: <http://www.nickbostrom.com/superintelligence.html>
17. Kurzweil, R. (2005) The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology. New York: Penguin Group.
18. Drexler, E. (2014) Universal prosperity. How the nanotechnology revolution will change civilization. Moscow: Izd-vo Instituta Gaydara (in Rus.).
19. Feynman, R. (1960) There's Plenty of Room at the Bottom: an invitation to enter a new field of physics. Engineering & Science. California Institute of Technology, 2, 22-36. Retrieved from: <http://nano.xerox.com/nanotech/feynman.html>
20. Glazyev, S. Yu., & Yakovets, Yu. V. (eds.) (2008) Foreign experience of state forecasting, strategic planning and programming. Moscow: Gosudarstvennyy universitet upravleniya (in Rus.).
21. Inshakov, O. V. (2009) «The core of development» in the context of the new theory of factors of production. Retrieved from: <http://www.oleg-inshakov.ru/index.php/en/component/attachments/download/81> (in Rus.).
22. Matyushenko, I., & Khanova, O. (2014) Convergence of Nbic-Technologies as a Key Factor in the Sixth Technological Order' Development of the World Economy. Social Educational Project of Improving Knowledge in Economics. Journal L'Association 1901 «SEPIKE», 6, 118-123.
23. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, S. (1992) The Limits of Growth. Moscow: Moskovskiy gosudarstvennyy universitet (in Rus.).
24. Kyzym, M. O., Matyushenko, I. Yu., Moisieinko, Yu. M., & Buntov, I. Yu. (2011) Convergence of NBIC-technologies as a key factor in the formation of the sixth technological process. Sole Proprietor O.G. Pavlenko, 11-38 (in Ukr.).
25. Glazyev, S. Yu. (2010) Strategy of advanced development of Russia in the conditions of global crisis. Moscow: Ekonomika (in Rus.).
26. Kuzyk, B. N., Kushlin, V. I., & Yakovets, Yu. V. (2008) Forecasting, strategic planning and national programming. Moscow: Ekonomika (in Rus.).

27. Yakovets, Yu.V. (2004) Epochal innovations of the XXI century. Moscow: Ekonomika (in Rus.).
28. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (eds) (2003) *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*. Retrieved from: http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf.
29. Roco, M. C. (2008) *Convergence and integration. Nanotechnologies. Science, innovation and opportunities*. Moscow: Tekhnosfera (in Rus.).
30. Medvedev, D. A. (2008) *The convergence of technologies is a new determinant of the development of society. New technologies and the continuation of human evolution? Transhumanist project of the future*. Moscow: Izdatel'stvo LKI (in Rus.).
31. Borner, K. (2006) *Mapping the Structure and Evolution of Science. Knowledge in Service to Health: Leveraging Knowledge for Modern Science Management*. Retrieved from: http://grants.nih.gov/grants/km/oerrm/oer_km_events/borner.pdf.
32. Freitas, R. (2006) *Economic Impact of the Personal Nanofactory. Nanotechnology Perceptions: A Review of Ultraprecision Engineering and Nanotechnology*, 2, 111-126.
33. Kovalchuk, M. V. (2011) *The convergence of science and technology is a breakthrough in the future. Rossiyskiye nanotekhnologii*. Retrieved from: http://www.portalnano.ru/read/iInfrastructure/russia/nns/kiae/convergence_kovalchuk (in Rus.).
34. Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (2012) *The Limits of growth: 30 years later*. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy (in Rus.).
35. Roco, M. C., Bainbridge, W. S., Tonn B., & Whitesides, G. (2013) *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies. Retrospective and outlook report. Summary of the 2011-2012 International CKTS Study*. Retrieved from: http://www.ntumems.net/About%20us/news/20150121/CTKS_Brochure.pdf.
36. Roco, M. C., Bainbridge, W. S., Tonn B., & Whitesides, G. (2013) *Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies*. Retrieved from: <http://www.wtec.org/NBIC2/Docs/FinalReport/Pdf-secured/NBIC2-FinalReport-WEB.pdf>.
37. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2013) *The new world of discovery, invention, and innovation: convergence of knowledge, technology, and society*. Dordrecht: Springer Science & Business Media. Retrieved from: https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/MCR_130831_ConvergenceKTS_Roco+Bainbridge_JNR2013_17p.pdf.
38. Matyushenko, I.Yu. (2017). *Development and implementation of converging technologies in Ukraine under conditions of a new industrial revolution: organization of state support*. Retrieved from: <http://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2017/01/Full-Paper-DEVELOPMENT-AND-IMPLEMENTATION-OF-CONVERGING-TECHNOLOGIES-IN-UKRAINE.pdf>.
39. Kyzym, M. O., Pronosa, P. V., & Omarov, S. A. (2010) *Problems and Objectives of Ukraine's Development in the World of Global Problems of the World Community*. Kharkiv: VD «INZHEK» (in Ukr.).
40. Kyzym, M. O., Ponomarenko, V. S. & ets. (2010) *Fundamentals of Sustainable Development of Kharkiv Oblast by 2020*. Kharkiv: VD «INZHEK» (in Ukr.).
41. Matyushenko, I.Yu. & Kyzym, M.O. (2011) *Assessment of global and specific national problems that need to be addressed in Ukraine. Aktual'nyye voprosy razvitiya innovatsionnoy deyatel'nosti (Topical issues of innovative activity development)*, 30-38 (in Ukr.).
42. Inozemtsev, V. L. (1999) *A new post-industrial wave in the West. Anthology*. Moscow: Academia (in Rus.).
43. Webster, F. (2004) *Information Society Theory*. Moscow: Aspekt Press (in Rus.).

Стаття надійшла до редакції 22.08.2017.