

«...На сьогодні на наших очах виникає нова цілісна наука, заснована на матеріальній єдності оточуючого нас світу і ... можливості об'єднання наук і технологій на новій основі ... Йдеться, в першу чергу, про злиття нанотехнології, біотехнології, інформаційних технологій і наук про пізнання – концепція, що позначається аббревіатурою NBIC (Nano-Bio-Info-Cogno)... Злиття технологій може виявитися важливою умовою нової наукової революції ... На основі злиття різних наукових дисциплін і їх синергізму може статися бурхливий розвиток нових технологій, здатне привести до революційних перетворень в промисловості, економіці, соціальному устрої», 2003 р.

«Конвергенція знань і технологій в інтересах суспільства (CKITS) є ключовою можливістю для досягнення прогресу в 21 столітті. Вона визначається як нарощування і перетворююча взаємодія наукових дисциплін, технологій, спільнот і сфер людської діяльності для досягнення взаємної сумісності, синергізму та інтеграції, а отже, розповсюдження процесу створення доданої вартості у нових областях, що поширюються, для задоволення загальних цілей.

Конвергенція є істотним чинником для нашого майбутнього суспільства знань як двигун промислової революції...CKITS має на меті подолати (*глобальні – авт. доп.*) проблеми у ... довгостроковому контексті шляхом визначення основних принципів конвергенції людської діяльності, у тому числі для створення знань та технологічних інновацій , і запропонування трансформаційний підходу для створення соціального блага», 2013 р.

*Майкл К. Роко, Вільям С. Бейнбрідж, Брюс Тонн, Джордж Вайтсайдс.
Всесвітній центр оцінки технологій (WTEC)*

МАТЮШЕНКО І. Ю.

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION
OF CONVERGING TECHNOLOGIES IN UKRAINE UNDER
CONDITIONS OF A NEW INDUSTRIAL REVOLUTION:
ORGANIZATION OF STATE SUPPORT**

Monograph

**Kharkiv
2016**

МАТЮШЕНКО І. Ю.

**РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ
КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ
В УМОВАХ НОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ:
ОРГАНІЗАЦІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПІДТРИМКИ**

Монографія

**Харків
2016**

УДК 338.242.4.025.2(477)

ББК 65.9(4УКР)-98

М35

*Рекомендовано на засіданні вченої ради Науково-дослідного центру індустріальних проблем розвитку
НАН України (протокол № 11 від 21.11.2016 р.)*

Рецензенти: **Алексєєв І. В.** – д-р екон. наук, професор, декан повної вищої освіти, академік Академії економічних наук України, Національний університет «Львівська політехніка», Інститут економіки та менеджменту (Україна, м. Львів);

Булєєв І. П. – д-р екон. наук, професор, заступник директора, Інститут економіки промисловості НАН України (Україна, м. Київ);

Дмитришин А. І. – д-р екон. наук, професор, професор кафедри економічної кібернетики, Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаніка (Україна, м. Івано-Франківськ).

Матюшенко І. Ю.

М 35 Розробка і впровадження конвергентних технологій в Україні в умовах нової промислової революції: організація державної підтримки: монографія. Харків: ФОРМ Александрова К. М., 2016. 556 с. Укр. мова

ISBN 978-966-2194-53-1

У монографії з позиції синергетичної парадигми обґрунтовано концепцію розвитку конвергентних технологій в Україні як ключового фактора вирішення глобальних проблем в умовах нової промислової революції. Наведено основні тенденції розвитку конвергентних технологій і визначено передові виробничі технології, найбільш перспективні для споживача у розвинених країнах. Проведено оцінку умов створення, стану та реалізації інноваційного потенціалу, побудовано імітаційну модель і розроблено сценарії науково-інноваційного розвитку України. Обґрунтовано методичний підхід до форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку складових конвергентних технологій і визначено пріоритетні напрями розвитку та впровадження їх в економіку України на прикладі нанотехнологій. Проведено аналіз перспектив використання конвергентних технологій у галузях економіки України. Запроваджено науково-методичний підхід до створення організаційного механізму підтримки розвитку і впровадження конвергентних технологій в Україні в умовах формування єдиного дослідницького простору з країнами ЄС.

Монографію призначено для широкого кола читачів, що цікавляться особливостями розвитку конвергентних технологій і нової промислової революції в Україні в умовах її інтеграції до світогосподарської системи.

УДК 338.242.4.025.2(477)

ББК 65.9(4УКР)-98

ISBN 978-966-2194-53-1

© Матюшенко І. Ю., 2016

© ФОРМ Александрова К. М., 2016

ЗМІСТ

Вступ.....	9
<i>Розділ 1. Концептуальні засади визначення ключових факторів науково-інноваційного розвитку країн світу й України в умовах нової промислової революції.....</i>	<i>11</i>
1.1. Конвергентні технології як ключовий фактор вирішення глобальних проблем в умовах формування нового технологічного укладу.....	11
1.2. Перспективи нової промислової революції на основі конвергентних NBIC-технологій як ядра передових виробничих технологій Smart TEMP.....	19
1.3. Виробництво й експорт високотехнологічної продукції та прогнози розвитку передових виробничих технологій у країнах світу й України.....	31
Висновки до розділу 1.....	58
<i>Розділ 2. Оцінка та моделювання науково-інноваційного розвитку економіки України.....</i>	<i>62</i>
2.1. Методичний підхід і оцінка інноваційного потенціалу України.....	62
2.2. Імітаційна модель науково-інноваційного розвитку України.....	77
2.3. Сценарії науково-інноваційного розвитку економіки України в сучасних умовах.....	84
Висновки до розділу 2.....	100
<i>Розділ 3. Форсайт-прогноз пріоритетних напрямів розвитку складових конвергентних технологій.....</i>	<i>104</i>
3.1. Досвід проведення форсайт-прогнозів у країнах світу.....	104
3.2. Досвід прогнозування напрямів науково-технічної та інноваційної діяльності в Україні.....	115
3.3. Методичний підхід до вибору пріоритетних тематичних напрямів розвитку конвергентних технологій.....	139
3.4. Форсайт-прогноз пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій в Україні.....	156
Висновки до розділу 3.....	165

<i>Розділ 4. Перспективи використання конвергентних технологій у галузях економіки України.....</i>	169
4.1. Використання конвергентних технологій у медицині й агропромисловому комплексі України	169
4.2. Розробка нанотехнологій, наноматеріалів і нових матеріалів в Україні.....	189
4.3. Конвергентні технології в ІКТ і електроніці України.....	198
4.4. Перспективні напрями розвитку енергетичного комплексу України на основі конвергентних технологій	210
Висновки до розділу 4.....	221
<i>Розділ 5. Організаційні механізми підтримки розвитку і впровадження конвергентних технологій у країнах світу й Україні.....</i>	230
5.1. Інфраструктура підтримки розвитку конвергентних технологій в умовах формування спільного дослідницького простору	230
5.2. Мережі розвитку конвергентних технологій в Україні як складова національного дослідницького простору.....	245
5.3. Основні елементи мережевих структур підтримки розвитку конвергентних технологій.....	254
Висновки до розділу 5.....	262
Висновки	268
Література	285
Додатки	321

CONTENTS

Introduction	9
<i>Chapter 1. Conceptual principles of identifying key factors in the scientific and innovative development of countries of the world and Ukraine under conditions of a new industrial revolution</i>	<i>11</i>
1.1. Converging technologies as a key factor in solving global problems under conditions of the formation of a new technological wave.....	11
1.2. Prospects for a new industrial revolution based on convergent NBIC-technologies as the core of Smart TEMP advanced production technologies.....	19
1.3. The production and export of high-tech products and forecasts for the development of advanced production technologies in countries of the world and Ukraine.....	31
Conclusions of Chapter 1.....	58
<i>Chapter 2. Assessing and modelling the scientific and innovative development of Ukraine's economy.....</i>	<i>62</i>
2.1. A methodological approach to the assessment of the innovation potential of Ukraine	62
2.2. A simulation model of the scientific and innovative development of Ukraine.....	77
2.3. Scenarios of the scientific and innovative development of Ukraine's economy under current conditions	84
Conclusions of Chapter 2.....	100
<i>Chapter 3. Foresighting priority directions in the development of components of converging technologies.....</i>	<i>104</i>
3.1. The experience of conducting foresight studies in countries of the world.....	104
3.2. The experience of forecasting directions of the scientific, technological and innovative activity in Ukraine.	115
3.3. A methodical approach to choosing priority thematic directions in the development of converging technologies.....	139

3.4. Foresighting priority directions in the development of nano-technologies in Ukraine.....	156
Conclusions of Chapter 3.....	165
<i>Chapter 4. Prospects for the use of converging technologies in industries of Ukraine</i>	<i>169</i>
4.1. The use of converging technologies in the health care sector and agro-industrial complex of Ukraine	169
4.2. The development of nano-technologies, nano-materials and new materials in Ukraine	189
4.3. Converging technologies in the ICT and electronics sectors of Ukraine	198
4.4. Perspective directions in the development of the energy complex of Ukraine on the basis of converging technologies.....	210
Conclusions of Chapter 4.....	221
<i>Chapter 5. Organizational mechanisms to support t he development and implementation of converging technologies in countries of the world and Ukraine.....</i>	<i>230</i>
5.1. The infrastructure to support the development of converging technologies in the context of the formation of the common research space	230
5.2. Networks for the development of converging technologies in Ukraine as part of the national research space	245
5.3. Basic elements of network structures to support the development of converging technologies	254
Conclusions of Chapter 5.....	262
Conclusions	268
References	285
Appendix	321

ВСТУП

Сьогодні людство стикнулося з цілою низкою глобальних викликів, що безпосередньо впливають на діяльність будь-якої держави і суспільства. Як наслідок, розвиток кожної країни світу, що ставить за мету покращення якості життя населення, повинен бути спрямований на вирішення глобальних проблем. Крім того, після кризи 2008–2009 рр. практично всі розвинені держави світу переглядають свої погляди щодо ролі промисловості як основного інструменту економічного зростання і вбачають у конвергентних технологіях чи не головний інструмент, за допомогою якого можна буде вирішити ці глобальні проблеми, значно прискорити розвиток соціальної сфери і підняти її на якісно новий рівень. Так, з 2011 р. все більш чітко формується державна політика цих країн, спрямована на розвиток ключових факторів нової промислової революції, а також на вирішення проблеми відповідності рівня розвитку науково-інноваційного потенціалу тим вимогам, які продукує нова промислова революція і проривні інноваційні технології XXI століття. Вказана проблема гостро постає і для сучасної економіки України, особливо в умовах асоціації з ЄС.

Особливостям розвитку постіндустріального суспільства, аналізу і прогнозуванню науково-інноваційного потенціалу країни в умовах нової промислової революції присвячено багато робіт сучасних закордонних учених, а саме: А. Акаєва, Л. Антоненко, А. Бузгаліна, С. Глаз'єва, О. Голіченко, А. Динкіна, В. Іноземцева, В. Іванова, Г. Клейнера, А. Колганова, В. Княгиніна, Б. Кузика, В. Кушліна, Б. Мільнера, Р. Нігматуліна, Р. Ніжегородцева, В. Полтеровича, Ю. Яковця, Е. Янча, Д. Белла, П. Дракера, Дж. Гелбрейта, Ф. Фукуями, Л. Туроу, М. Кастельса, Л. Едвінсона, О. Тоффлера, Т. Стюарта, Ч. Хенді, Т. Сакайя, А. Гора, Д. Мідоуза, Р. Райха, П. Пільцера, К. Перес, С. Хантингтона, Р. Інглгарта, Е. фон Вайцзеккера та ін. Вказану проблему вивчає також низка відомих українських учених, таких як: Г. Андрощук, Л. Антонюк, С. Архіреєв, Т. Близнюк, П. Бубенко, О. Волков, А. Гальчинський, В. Геєць, М. Згуровський, М. Йохна, М. Кизим, О. Мазур, Б. Малицький, Л. Мельник, А. Нікіфоров, О. Попович, А. Поручник, О. Саліхова, В. Семіноженко, В. Соловйов, В. Хаустова, А. Філіпенко, Л. Федулова, Т. Цихан, А. Чухно та ін.

В той же час, як свідчить практика формування науково-інноваційних пріоритетів в країнах світу й Україні, а також наявні теоретичні розробки вчених, проблема вдосконалення науково-інноваційного розвитку на основі конвер-

гентних технологій як ядра нової промислової революції і з урахуванням глобальних проблем потребує подальшої розробки, що обумовило актуальність дослідження.

У цій роботі обґрунтовано концепцію розвитку конвергентних технологій в Україні як ключового фактора вирішення глобальних проблем в умовах нової промислової революції.

У *першому розділі* визначені основні характеристики конвергентних технологій і ключові фактори нової промислової революції, наведено аналіз стану технологічної конкурентоспроможності країн світу і України.

У *другому розділі* проведено оцінку умов створення, стану та реалізації інноваційного потенціалу та побудовано імітаційну модель сценаріїв науково-інноваційного розвитку України в умовах сучасних викликів.

У *третьому розділі* обґрунтовано методичний підхід до форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку складових конвергентних технологій, а також визначено пріоритетні напрями розвитку та впровадження нанотехнологій (як однієї зі складових) в економіку України.

У *четвертому розділі* проведено аналіз перспектив використання конвергентних технологій у галузях економіки України, що мають найбільшу комерційну перспективу.

У *п'ятому розділі* запроваджено науково-методичний підхід до створення організаційного механізму підтримки розвитку та впровадження конвергентних технологій в Україні в умовах формування єдиного дослідницького простору з країнами ЄС.

Отримані у процесі дослідження теоретичні результати та методичні розробки можуть знайти використання у роботі органів державної влади під час підготовки аналітичних матеріалів і законодавчих актів у сфері науково-інноваційної політики.



Розділ

Концептуальні засади визначення ключових факторів науково-інноваційного розвитку країн світу й України в умовах нової промислової революції

1.1. Конвергентні технології як ключовий фактор вирішення глобальних проблем в умовах формування нового технологічного укладу

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.

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, як це вказано на рис. 1.1 [5–7].

Аналіз сучасних глобальних тенденцій економічного розвитку показує, що для низки промислово розвинених країн провідними напрямками наукових

досліджень були: з 50–60-х років XX століття – інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ); з 70–80-х років – біотехнології; на початку XXI століття – нанотехнології, а наприкінці першого десятиліття XXI століття – когнитивні технології (або технології штучного інтелекту) [8; 9].

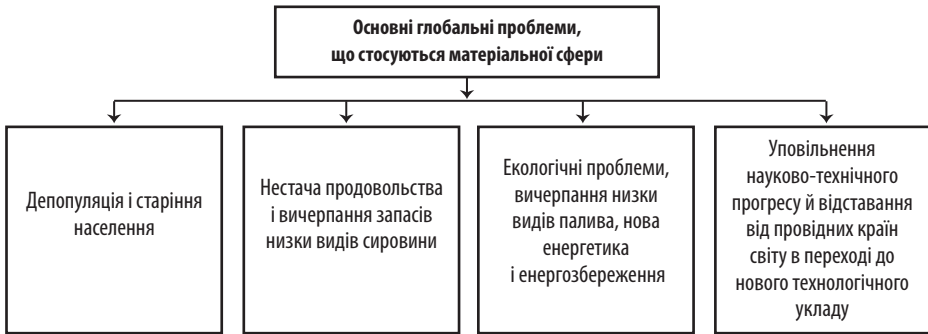


Рис. 1.1. Основні глобальні проблеми, що стосуються матеріальної сфери [5–7]

У загальному вигляді можна запропонувати такі визначення: *нанотехнології* – це наука й техніка створення, виготовлення, характеристизації та реалізації матеріалів і функціональних структур і устроїв 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 та предметом споживання; *когнітивні технології* – міждисциплінарна галузь, що поєднує дослідження закономірностей одержання, зберігання і використання знань людства, а також технологій їх практичного застосування для суспільно-економічного розвитку [10].

Так, з появою всього кілька десятиліть тому інформаційних технологій, які спочатку розглядалися просто як ще одна нова технологія, сьогодні докорінно змінюються погляди 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 [11, с. 31].

На рис. 1.2 наведено надгалузевий характер нано-, біо-, інфо- і когно-технологій.



Рис. 1.2. Надгалузевий характер нано-, біо-, інфо- і когнотехнологій

Джерело: сформовано автором

Таким чином, загальною характеристикою цих чотирьох технологій є їхній міждисциплінарний характер і конвергенція усіх складових.

Термін «NBIC-конвергенція» було введено М. Роко і У. Бейнбріджем у звіті за 2002 р., підготовленому в рамках Всесвітнього центру оцінки технологій (WTEC) [13; 14]. Звіт був присвячений особливостям NBIC-конвергенції, її значенню у загальному процесі технологічного розвитку світової цивілізації, а також її еволюційному і культурологічному значенні. Сутність NBIC-конвергенції полягає у злитті чотирьох революційних науково-технологічних напрямків: N – нанотехнологій; B – біотехнологій; I – інформаційно-комунікаційних технологій; C – когнітивних наук [14].

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 до злиття науково-технологічних напрямів у єдину науково-технологічну галузь знання [1–12; 15–19].

Сьогодні усі розвинені держави світу вбачають у конвергентних технологіях чи не головний інструмент, за допомогою якого можна буде вирішити в недалекому майбутньому глобальні проблеми людства, як це наведено на рис. 1.3.

Глобальні проблеми та потреби людства	Депопуляція і старіння населення	Конвергенція NBIC-технологій (базових технологій)	Біотехнології	Медицина (створення платформ)	Виробництво
	Нестача продовольства			Біоорганічні системи і біотехнології	
	Екологічні проблеми; вичерпання запасів палива; нова енергетика й енергозбереження		Нанотехнології	Фізико-хімічні методи досліджень і технології	
				Гібридні прилади (створення і тестування)	
	Уповільнення науково-технічного прогресу		Інформаційні технології	Інженерно-технологічні центри	
			Когнітивні науки	Комп'ютерні науки й інформатика	
				Нейронаука і нейротехнології	
				Когнітивні дослідження і технології	

Рис. 1.3. Схема вирішення глобальних проблем на основі конвергенції (синергетичної інтеграції) базових NBIC-технологій [10; 16]

Отже, за своїми наслідками NBIC-конвергенція є найважливішим еволюційно-визначальним фактором: розвиток вказаних технологій дозволить вирішити глобальні проблеми, вплине і змінить радикально всі сторони життя людини, а сама еволюція людини перейде під її власний розумний контроль.

Враховуючи міждисциплінарний і об'єктивний характер конвергенції наукових досліджень і практичних застосувань у сфері NBIC-технологій, які дозволяють одержати якісно нові можливості від конвергенції цих напрямів і розвитку кожного з них для усіх сфер суспільного життя, автором запропоновано більш чітку схему, що характеризує структуру шостого технологічного укладу з урахуванням конвергенції NBIC-технологій [10; 16–21].

На рис. 1.4 наведено запропоновану автором структуру шостого технологічного укладу, а в табл. 1.1 – його основні характеристики.

Ключовим фактором ядра буде стан конвергенції NBIC-технологій. Ядро нового шостого ТУ сформують такі галузі, як: наноматеріали та матеріали для ростових технологій, наноелектроніка і нанофотоніка, скануюча нанотехніка, наносистемна техніка, нанофабрики і 3D-друк, гена інженерія, молекулярні біотехнології, хмарні обчислення і багатомірне моделювання, інтернет речей, штучний інтелект.

Носійними галузями будуть: медицина та фармацевтика; агропродовольчий комплекс на основі нанобіотехнологій; мікроелектроніка, робототехніка;

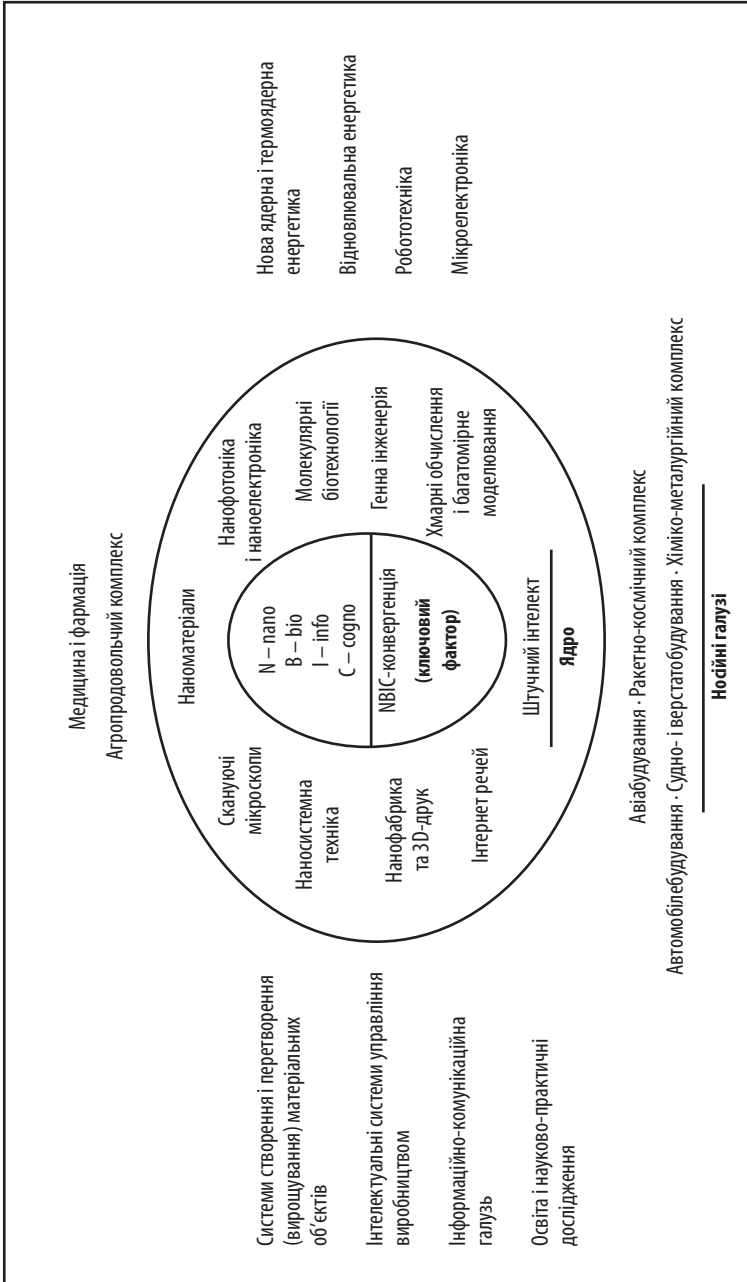


Рис. 1.4. Структура шостого технологічного укладу

Джерело: сформовано автором

інформаційно-комунікаційна галузь; освіта і науково-практичні дослідження; нова ядерна і термоядерна енергетика; відновлювальна енергетика; авіабудування і ракетно-космічний комплекс; автомобілебудування, судно- і верстатобудування; хімічно-металургійний комплекс.

Таблиця 1.1

Основні характеристики шостого технологічного укладу

Довгі хвили / цикли			Стан науки і освіти	Інфраструктура		Переважні технології	Універсальний ресурс
часові рамки	країни-лідери	Характеристика циклу		транспорт і зв'язок	енергія		
Шостий уклад 2010 – 2070 рр. (прогноз)	США, Японія, ЄС, Китай, Південно-Східна Азія, Індія, Бразилія, Росія	Нанотехнологічна (N) революція, бурхливий розвиток когнітивної (C) науки, поглиблення біотехнологічної (B) та інформаційної (I) революцій	Конвергенція NBIC-технологій, глобальний ринок послуг, мережеві науково-дослідні та інноваційні системи	Інтегровані інформаційні системи і телекомунікації, мобільний Інтернет, широко-смуговий доступ, транспорт без водія	Відновлювальна та термоядерна енергія	Нанотехнології і фотоніка, біотехнології і генна інженерія, мікро (нано)-механіка, 3D-друк, інтернет речей, штучний інтелект	Наноелектромеханічні системи, біопроектори, пристрої з прямим доступом до нейронів

Джерело: сформовано автором на основі [10; 16–21]

Починаючи з 2001 року фахівці зі США, ЄС, Японії, Китаю і Латинської Америки на своїх регулярних зустрічах з питань розвитку конвергентних NBIC-технологій детально обговорювали питання можливих способів застосування конвергенції цих технологій, що може покращити життя людства у найближчі 10–20 років [10; 18], особливо в умовах нової промислової революції [22–27].

У табл. 1.2 наведено узагальнене співставлення проблем та можливостей і загроз, що несуть у собі процеси конвергенції NBIC-технологій, а саме: (1) можливості, що можуть бути реалізовані у найближчі 20 років; (2) можливості, що можуть бути реалізовані у віддаленому майбутньому; (3) зміни і загрози від впровадження NBIC-технологій [10, с. 35–36; 13; 14; 18].

Таблиця 1.2

Проблеми людства та можливості і загрози, що несуть у собі процеси конвергенції NBIC-технологій

Глобальна проблема	Можливості, що можуть бути реалізовані у найближчі 20 років	Можливості, що можуть бути реалізовані у більш віддаленому майбутньому	Зміни та загрози від впровадження NBIC-технологій
1	2	3	4
Депопуляція і старіння населення	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цілеспрямоване втручання в генетику людини (та інших видів живих організмів). 2. Інженерія органів і тканин, створення протезів і штучних органів, перевершують за своїми можливостями природні. 3. Ефективна профілактика і лікування практично всіх захворювань. 4. Призупинення старіння 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радикальне розширення фізичних та інтелектуальних можливостей людини. 2. Ревіталізація (оживлення, вилікування і омоложення) людей, що зберігаються сьогодні у стані глибокого охолодження засобами сучасної кріоніки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Більшість людей будуть мати змогу покращити себе за допомогою заміни частин тіла на штучні та прямого втручання в генетичний апарат та обмін речовин
Нестача продовольства, вичерпання запасів ряду видів сировини та палива	–	<ol style="list-style-type: none"> 1. Досягнення глобального матеріального достатку на основі розвинених NBIC-технологій. 2. Освоєння людиною нових середовищ проживання (водного середовища, інших планет, відкритого космосу, віртуального Всесвіту) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перетворення природи на безпосередню виробничу силу. 2. Ресурси, що доступні людині, стануть практично необмеженими
Нова енергетика й енергозбереження; екологічні проблеми	–	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ефективне управління кліматичними змінами та процесами у біосфері, глобальне відновлення природних екосистем 	–
Уповільнення науково-технічного прогресу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Розширення інтелектуальних можливостей людини за рахунок використання вживлених або таких, що носяться, сенсорних пристроїв, комп'ютерів, додаткової пам'яті, пристроїв зв'язку. 2. Поява систем штучного інтелекту, що перевершують людину за своїми можливостями. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поява систем штучного інтелекту, що перевершують людину за своїми можливостями. 2. Перенесення особистості людини на новий фізичний носій (наприклад, на штучну нейронну мережу або в комп'ютер, що має відповідну архітектуру та обчислювальну потужність. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Трансформується розум людини, в тому числі й етичні системи. 2. Постлюдський розум і штучний інтелект вийдуть на рівень надрозуму, який якісно переважає рівень людини.

Закінчення табл. 1.2

1	2	3	4
	3. Подальший розвиток інтерфейсу «людина – комп'ютер». 4. Переміщення все більшої частини активності у віртуальні простори. 5. Розмивання бар'єрів, що залишилися, між людьми – географічних, державних, мовних	3. Терраформінг планет. 4. Космічна мегаінженерія. 5. Створення біологічного суспільства, що буде максимально комфортним і повністю виключить страждання	3. Стане питання щодо границь людяності. 4. Дії штучного інтелекту можуть далеко виходити за межі розуміння людини. 5. Існує загроза виходу з під контролю людини нанороботів, що самовідтворюються

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 35–36; 13; 14; 18]

У 2005 році під час чергової зустрічі провідних учених, що займаються проблемами NBIC-конвергенції, було вперше проведено опитування за методом Дельфі щодо прогнозування основних цілей NBIC-конвергенції і очікуваних результатів їх впровадження в життя, а також того, наскільки позитивним буде їхній вплив за шкалою від 0 до 10 [28–31]. Окрім 20 ідей, що були запропоновані у 2001 році, в період до 2012 року було проведено ще п'ять досліджень із вказаної проблематики і зібрано ще 80 інших ідей, і, як результат, систематизовано і опубліковано у фінальному звіті Національного наукового фонду США в 2013 році за редакцією М. Роко і В. Бейнбріджа [28]. Було відібрано 40 можливих способів застосування конвергенції NBIC-технологій і проведено прогнозування вірогідного періоду часу, коли вони можуть бути втіленими в життя. Середні оцінки (медіана) за п'ятирічною шкалою, починаючи з 2015 року і до 2070 року, досить достовірно описують наслідки застосування основних ідей NBIC-конвергенції.

У табл. А.1 Додатка А наведено відповідність цілей конвергенції NBIC-технологій у середньостроковому періоді (з 2015 року до 2030 року з п'ятирічним лагом) глобальним проблемам, в табл. А.2 Додатка А – відповідність цим проблемам основних ідей NBIC-конвергенції у довгостроковому періоді (з 2030 року до 2070 року), а в табл. А.3 Додатка А – основні проблемні питання і потенційно негативні соціальні та етичні наслідки від конвергенції NBIC-технологій для вирішення глобальних проблем [28–30].

1.2. Перспективи нової промислової революції на основі конвергентних NBIC-технологій як ядра передових виробничих технологій Smart TEMР

З останніх десятиліть XIX століття для періодизації основних хвиль інноваційного розвитку, у наукових дослідженнях «західних» учених став широко вживаним термін «промислова революція» одночасно з використанням поняття «технологічного укладу». Спочатку промислова революція означала лише процес переходу від аграрної економіки до індустріального суспільства з переважанням машинного виробництва, але сьогодні це поняття має значно ширше розуміння.

Однією з найбільш відомих учених, що достатньо чітко визначили сучасне поняття «технологічна революція» (як другої фази промислової революції) була Карлота Перес, яка у низці своїх робіт вказувала: «... у першому наближенні *технологічна революція (ТР)* може бути визначена як набір взаємопов'язаних радикальних проривів, які утворюють основне угруповання взаємозалежних технологій; кластер кластерів або система систем» [22]. К. Перес виокремлює п'ять основних ТР і наводить їх популярні назви: «індустріальна» (початок у 1771 р.), «вік пари і залізних доріг» (1829 р.); «вік сталі, електрики і важкої промисловості» (1875 р.); «вік нафти, автомобілів і масового виробництва»; «вік інформації і телекомунікацій» (1971 р.) [22].

В табл. 1.3 наведені узагальнені характеристики промислових революцій, які сьогодні прийняті у світовій літературі.

Таблиця 1.3

Узагальнені характеристики промислових революцій

Промислові революції	Основні характеристики промислових революцій
1	2
Перша «Індустріальна» (наприкінці XVIII століття)	Обумовлена необхідністю механізації текстильної індустрії у Великобританії, появою парових двигунів, які використовувалися для виробництва енергії і забезпечили більш гнучке і потужне джерело енергії для машин. Заснована на інноваціях у виробництві чавуну, парових двигунів і розвитку текстильної промисловості
Друга «Технологічна» (з другої половини XIX – початок XX століття)	Обумовлена впровадженням бесемерівського способу виплавки сталі і появою поточного виробництва і складальної лінії, на зразок конвеєру Генрі Форда. У 1860–1870-х рр. охопила Західну Європу, США, Росію і Японію. Технологічна революція була переважно заснована на наукових досягненнях, а не просто вдалих винаходах і відбувалася на базі виробництва високоякісної сталі, поширенні залізниць, електрики та хімікатів. Введення <i>масового виробництва, заснованого на електричному приводі і поділі праці</i>

Закінчення табл. 1.3

1	2
Третя «Інформаційна» (з 1970-х років)	Обумовлена використанням комп'ютерів у виробництві. Широке використання верстатів з ЧПУ, комп'ютерної обробки якісної і логістичної інформації, а також комп'ютеризація широкого спектра ручних завдань (таких як бухгалтерський облік, управління запасами і планування). Використання <i>електроніки та ІТ для досягнення подальшої автоматизації виробництва</i>

Джерело: сформовано автором на основі [22–27]

В той же час практично всі розвинені країни врахували важкі уроки кризи 2008–2009 рр. і переглянули своє розуміння щодо ролі промисловості та пріоритетності технологічного розвитку. Вже з 2011 року, за умов посилення конкурентної боротьби на зовнішніх і внутрішніх ринках збуту промислової продукції провідних країн світу, все більш чітко формується державна політика цих країн, спрямована на розвиток ключових факторів нової промислової революції. Як наслідок, виникло чимало різноманітних концепцій нової промислової революції XXI століття, характеристики основних з яких наведені на рис. 1.5, а також подані в табл. 1.4 [23–30].

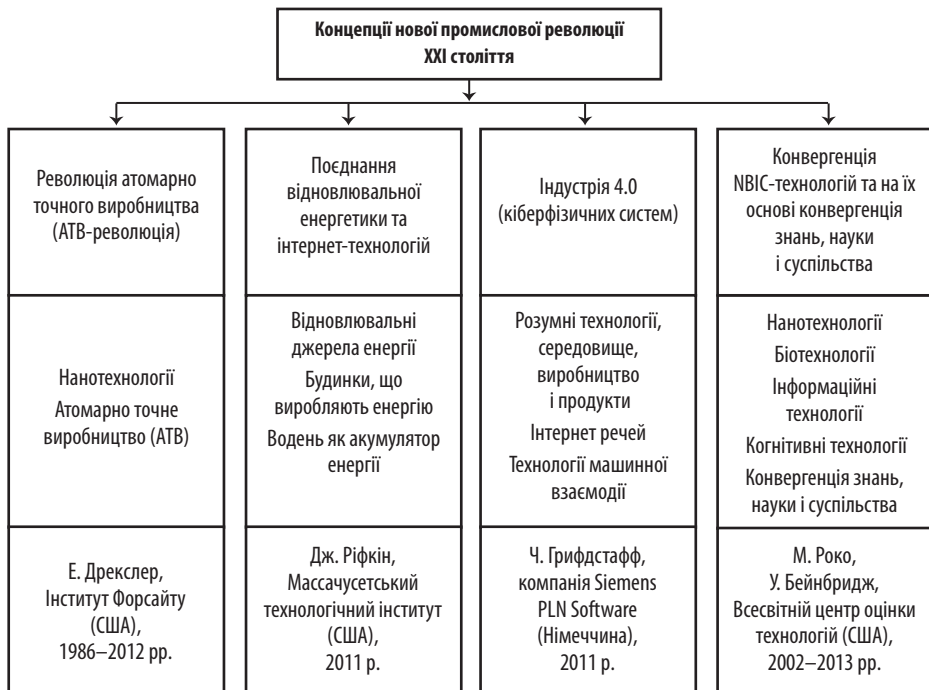


Рис. 1.5. Основні концепції нової промислової революції XXI століття [13; 23–30]

Таблиця 1.4

Основні концепції нової промислової революції XXI століття

Концепція	Основний зміст
«Революція атомарно точного виробництва (АТВ-революція)»; Е. Дрекслер, Інститут Форсайту (США), 1986–2012 рр. [119]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Використовуються <i>нанорозмірні пристрої, що обробляють матеріали з атомарною точністю</i>, при цьому 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. АТВ, як і сільськогосподарські процеси, може використовувати загальнодоступні локальні матеріали і відносно дешеву сонячну енергію, яка за допомогою фотovoltaїки 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
«Поєднання відновлювальної енергетики та інтернету»; Дж. Ріфкін, Масачусетський технологічний інститут (США), 2011 р. [120]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ У новій промислової революції три основи: (1) широка експлуатація відновлюваних джерел енергії; (2) будівництво будівель, які самі виробляють енергію, (3) перехід до використання водню в якості акумулятора енергії ▪ <i>поєднання інтернет-технологій і технологій відновлюваної енергетики</i> дозволяють сформувати потужну нову інфраструктуру, що дозволить світу увійти в постуглецеву еру до середини XXI століття і запобігти катастрофічній зміні клімату
«Індустрія 4.0» (кіберфізичних систем) Ч. Грифдстафф, компанія Siemens PLM Software (Німеччина), 2011 [122; 123]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Рушійною силою є інтегровані інтелектуальні процеси і продукти, що генерують так звані великі дані, які повністю змінюють ландшафт виробництва і створюють нові ринки; ▪ ця революція відбувається не тільки з використанням даних у процесі виробництва, але й інтеграцією усіх даних з широкого спектра виробничих систем ▪ по всьому ланцюжку поставок; ▪ використання <i>кіберфізичних систем для впровадження орієнтованого на споживача «Інтернету речей»</i>
«Конвергенція NBIC-технологій»; М. Роко, У. Бейнбридж, Всесвітній центр оцінки технологій (США), 2002–2013 рр. [110; 139; 140]	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Злиття й інтенсивна взаємодія революційних науково-технологічних напрямків: нано-, біо-, інфо- і когно-технологій (NBIC-технологій)</i>; ▪ значний синергетичний ефект; широка сфера предметних областей, від атомарного рівня матерії до розумних систем; ▪ перспектива якісного зростання технологічних можливостей індивідуального і суспільного розвитку людини; ▪ формування технологічної основи для <i>конвергенції знань, науки і суспільства (КЗТС)</i>

Джерело: сформовано автором на основі [13; 23–30]

Так, всесвітньо відомий американський учений-апологет нанотехнологій 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) [23]. 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. Е. Дрекслер вважає, що цей перехід буде не просто черговим технологічним вдосконаленням, а четвертою технологічною революцією – після аграрної, промислової та інформаційної [23, с. 96–97].

У 2011 році відомий американський економіст і еколог Джеремі Ріфкін також висунув концепцію нової промислової революції: «Спадщина першої та другої промислових революцій – ієрархічна організація економічної і політичної влади – неминуче поступиться місцем горизонтальній взаємодії, коли мільйони людей будуть генерувати власну зелену енергію вдома, в офісах і на фабриках і ділитися нею один з одним в «енергетичному Інтернеті» [24]. Як вважає Дж. Ріфкін, «... великі економічні революції трапляються в історії тоді, коли нові комунікаційні технології зливаються воедино з новими енергетичними системами, тобто з конвергенцією технологій. Так, *поєднання інтернет-технологій і технологій відновлюваної енергетики* дозволяють сформуванню потужну нову інфраструктуру для третьої промислової революції, яка змінить світ» [24, с. 12]. На думку Дж. Ріфкіна, у цієї промислової революції «... три фундаментальних джерела, три стовпи: широка експлуатація відновлюваних джерел енергії, будівництво будівель, які самі виробляють енергію, і перехід до використання водню як акумулятора енергії. Третя промислова революція дозволить світу увійти в поствуглєцеву еру до середини XXI століття і запобігти катастрофічній зміні клімату» [24, с. 16–17].

Концепція Четвертої промислової революції, більш відома як «Індустрія 4.0», отримала свою назву у 2011 році від ініціативи німецьких бізнесменів, політиків і вчених на чолі з Ч. Грифдстаффом (Siemens PLN Software), які визначили її як засіб підвищення конкурентоспроможності обробної промисловості Німеччини через посилену інтеграцію «кіберфізичних систем» (або CPS) у виробничі процеси [26]. CPS – означає інтеграцію машин і людської праці, підключених до Інтернету, а також процес створення мережі машин, які будуть не тільки виробляти товари з меншою кількістю помилок, але і змо-

жуть автономно змінювати виробничі шаблони відповідно до необхідності, залишаючись високоефективними. При цьому рушійною силою є інтегровані інтелектуальні процеси та продукти, що генерують так звані великі дані, які повністю змінюють ландшафт виробництва і створюють нові ринки.

За прогнозами до 2030 р. авторитетних світових інституцій (ЮНІДО, ОЕСР, Світовий банк) та міжнародних промислових асоціацій і дослідницьких компаній (зокрема MIT, KPMG), запустити ці тренди у промисловому виробництві можна тільки через впровадження *передових виробничих технологій (ПВТ)* на основі конвергентних технологій, які називають «проривними», підкреслюючи їх революціонізуючий вплив на структуру виробництва [31–38]. Узагальнене розуміння ПВТ охоплює таке: (1) *технологічне заміщення*, що веде до якісного вдосконалення існуючих або створення принципово нових продуктів; (2) *автоматизація* виробничого процесу, що висуває нові вимоги до кваліфікації фахівців; (3) *кастомізація* виробництва як гнучка адаптація до потреб замовника; (4) *локалізація* – зниження витрат за рахунок економії на логістиці і географічній близькості до споживача (замовника); (5) *економічна ефективність*, пов'язана або зі зменшенням собівартості порівняно з масовим виробництвом, або з економією ресурсів, підвищенням продуктивності праці, інвестиційної привабливості і конкурентоспроможності [31–41]. Таким чином, ПВТ пов'язані з нетрадиційними методами обробки, новими інструментами контролю та управління виробничо-технологічними процесами, а також використанням нових матеріалів, автоматизованих та інтелектуальних систем контролю та управління обладнанням, виробничо-технологічними процесами і системами. Основні визначення ПВТ наведені у таблиці 1.5 [31–41].

Таблиця 1.5

Найбільш відомі визначення провідних виробничих технологій (ПВТ)

Назва організації	Визначення ПВТ
1	2
Національна асоціація перспективних виробничих технологій США (National Association of Advanced Manufacturing, NACFAM)	ПВТ широко використовують комп'ютерні, високоточні та інформаційні компоненти, інтегровані з високопродуктивною робочою силою, створюючи систему, яка сполучає в собі переваги масового виробництва і, в той же час, гнучко налаштована на необхідний на даний момент обсяг випуску, а також має високий ступінь кастомізації з метою швидкого реагування на потреби клієнтів
Інститут оборонного аналізу США (Institute for Defence Analyses, IDA)	Під ПВТ розуміють як традиційні, так і високотехнологічні галузі, в яких відбувається покращення існуючих і / або створення нових матеріалів, виробів і процесів шляхом впровадження досягнень науки і техніки, високоточних та

Закінчення табл. 1.5

1	2
	інформаційно-комунікаційних технологій, інтегрованих з високопродуктивною робочою силою, інноваційним бізнесом або організаційними моделями
Експертна група високого рівня Європейської комісії з ключових технологій (High Level Expert Group on Key Enabling Technologies (HLG-KET))	<p>ПВТ – це ключові технології, що поєднують знання і капіталомісткі технології, пов'язані з високою інтенсивністю досліджень і розробок, швидкими і комплексними інноваційними циклами, високими капітальними витратами і висококваліфікованою працею. Їх вплив є поширеним, що охоплює процеси, продукти та інноваційні послуги по всій економіці. Вони носять системний, багатопрофільний і міждисциплінарний характер, пронизуючи багато технологічних областей з тенденцією до конвергенції, інтеграції технологій і потенціалу, що викликає структурні зміни.</p> <p>Ключові технології (передові виробничі технології, сучасні матеріали, промислові біотехнології, мікро- та наноелектроніка, нанотехнології і фотоніка) є незамінними будівельними технологічними блоками (особливо в поєднанні) для впровадження інновацій, забезпечуючи додану вартість, а також лежать в основі широкого спектра застосування продуктів у стратегічно важливих європейських ланцюжках доданої вартості і впливають на економічні умови, зайнятість і якість життя європейських громадян</p>
Сколківський інститут науки і технологій (СІНТ), Росія	ПВТ – це комплекс процесів проектування і виготовлення на сучасному технологічному рівні кастомізованих (індивідуалізованих) матеріальних об'єктів (товарів) різної складності, вартість яких співвідноситься з вартістю товарів масового виробництва, в тому числі в країнах з дешевою робочою силою

Джерело: сформовано автором на основі [31–41]

Фахівці визначають такі пріоритетні напрями ПВТ: (1) системи контролю виробничих процесів, включаючи датчики стану обладнання, параметрів потоків сировини і стану (розмір, склад тощо) створюваних (оброблюваних або таких, що вирощують) об'єктів; (2) багатомірне моделювання складних виробів, що дозволяє оптимізувати різні їхні параметри (міцність, термін життя і, можливо, процес виробництва) і кастомізувати об'єкт, модифікуючи його для індивідуального або дрібносерійного виробництва; (3) інтелектуальні системи управління виробництвом (оптимізація зовнішньої і внутрішньої логістики, режими технологічних процесів), у тому числі в робототехніці і в області «Інтернету речей»; (4) системи створення і перетворення (вирощування) матеріальних об'єктів, в тому числі 3D-друк; інфузійні технології, значення яких зростає; перспективні методи обробки поверхонь і роботи з термопластами (ключовими є ростові технології); (5) матеріали, ефективні при створенні перспективних виконавчих пристроїв для ростових технологій: компози-

ційні й ті, що проявляють свої властивості в малорозмірних структурах [27; 33–41].

Ці технології «Індустрії 4.0», поєднуючи фактори Smart TEMP (Т (technology) – розумні технології; Е (environment) – розумне середовище; М (manufacturing) – розумне виробництво; Р (products) – розумні продукти), створюють нові ринки і галузі, сприяють зростанню продуктивності праці, підвищенню конкурентоспроможності окремих секторів і національних економік. Узагальнюючи наведені аналітичні матеріали, слід констатувати, що сьогодні ПВТ – це, перш за все, 3D-друк, хмарні технології, «Інтернет речей», нові матеріали, робототехніка [39–41].

В той же час проведений аналіз перспектив застосування основних фундаментальних інструментів NBIC-конвергенції для вирішення глобальних проблем, а також проблемних питань і наслідків на найближчий, середній період і у довгостроковій перспективі дозволяє обґрунтовано стверджувати, що конвергенція знань, технологій і суспільства – це передова лінія для наукових відкриттів і розвитку технологій, що в перспективі можуть стати фундаментальними та комплексними знаннями, трансформаційним полем, як це було з інформаційними та нанотехнологіями.

Ефективна та контрольована конвергенція знань, технологій і суспільства, яка могла б принести користь суспільству, вимагає, перш за все, посиленої взаємозалежності між природною та людською системами форм діяльності, яка включає 4 платформи: (1) фундаментальні передові інструменти та технології (нано-, біо-, інфо- та когнітивні технології) у системному підході; (2) платформа людського виміру, що характеризується взаємодією між людьми, машинами та навколишнім середовищем; (3) платформа земного виміру – просторове середовище для людської діяльності у масштабах планети Земля; (4) соціальна платформа, яка характеризується індивідуальною та колективною діяльністю людства, організацій і систем [29, с. 12]. У Додатку Б наведено здобутки, перспективи та наслідки впровадження конвергенції знань, технологій і суспільства в межах платформ людського виміру, земного виміру та соціальної платформи [28–30].

Таким чином, як виходить з проведеного аналізу сучасних концепцій промислової революції, не існує однієї-єдиної концепції щодо змісту нової промислової революції, але всі вони концентрують увагу тільки на окремих складових конвергентних технологій, а саме: *концепція АТВ-революції* – на нанотехнологіях; *концепція поєднання відновлювальної енергетики та інтернет-*

технологій – на дигіталізації сталого розвитку і альтернативної енергетики; *концепція «Індустрія 4.0»* абсолютизує так зване «розумне» середовище, що базується на запровадженні нового покоління інтернет-технологій і штучного інтелекту у виробничих процесах; *концепція конвергенції NBIC-технологій* розглядає можливості міждисциплінарних досліджень і розробок, але не дає інструменту їх запровадження у виробництво.

Ми пропонуємо поєднати ключові елементи концепцій конвергенції NBIC-технологій та «Індустрії 4.0» таким чином, як це наведено на рис. 1.6.

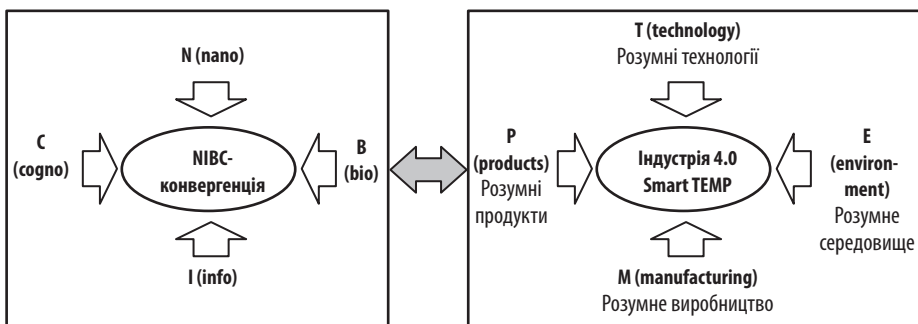


Рис. 1.6. Конвергенція нових технологій на базі NBIC-конвергенції у науково-технічних розробках і Smart TEMP у промисловому виробництві

Джерело: сформовано автором

На рис. 1.7 подано авторське бачення співвідношення відповідних промислових революцій і семи технологічних укладів. При цьому контури нового технологічного укладу почали вже формуватися на основі перших конвергентних технологій і вибухового їх поширення у 2010–2015 рр. Принциповою відмінною цього ТУ від попередніх буде включення у виробництво людської свідомості, тобто людська свідомість стане такою ж виробничою силою, якою у свій час стала наука. Матеріальною основою і інструментом втілення вказаних конвергентних технологій нового ТУ стане Індустрія 4.0 або Smart TEMP.

На рис. 1.8 подано авторську розробку схеми вирішення глобальних проблем людства, яка передбачає чотири основні напрямки й інструменти для:

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

Розділ 1. Концептуальні засади визначення ключових факторів науково-інноваційного розвитку

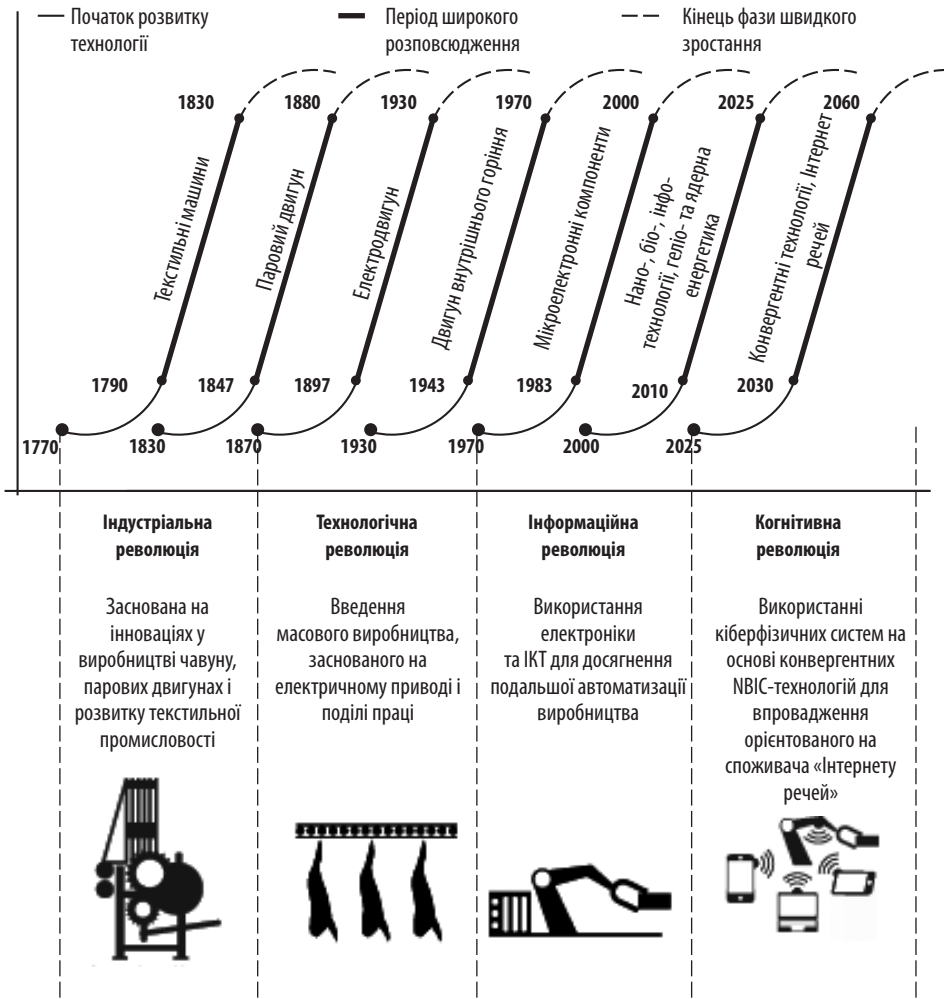


Рис. 1.7. Співвідношення промислових революцій і технологічних укладів в економіці майбутнього

Джерело: сформовано автором

- подолання проблеми депопуляції і старіння населення за рахунок: (1) задоволення біофізичних потреб людини (нової медицини й охорони здоров'я); (2) реалізації когнітивних потреб людини (штучний інтелект, віртуальна інтеграція тощо); (3) нового технологічного оточення людини (робототехніка, сенсори, мережі); (4) трансформації системи державного управління, задоволення на новому рівні морально-етичних потреб;

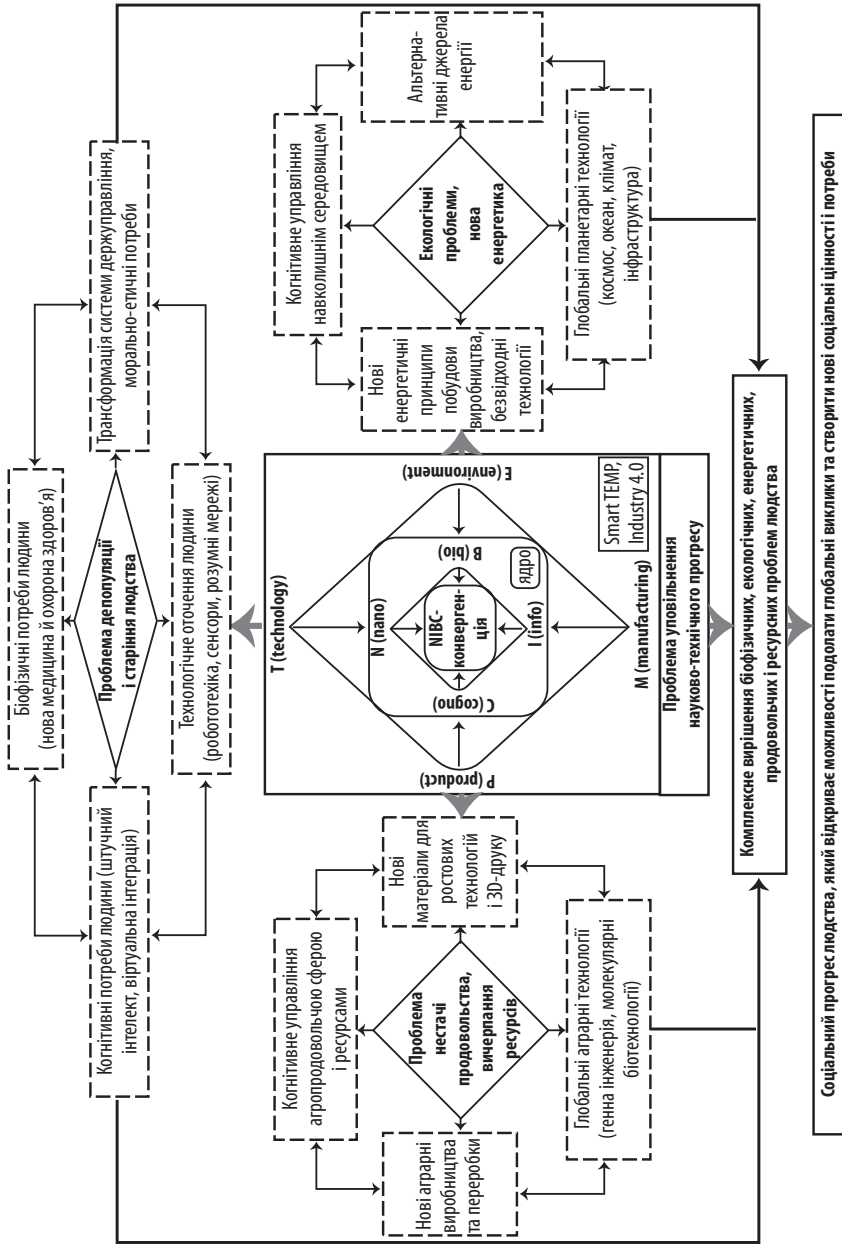


Рис. 1.8. Схема вирішення глобальних проблем людства на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра розвитку системи передового виробництва Smart TEMP

Джерело: сформовано автором

- подолання глобальної проблеми нестачі продовольства і 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 агропродовольчою сферою і ресурсами; подолання екологічних проблем і створення нової енергетики за рахунок: (1) глобальних планетарних технологій (космос, океан, клімат, інфраструктура); (2) нових енергетичних принципів побудови виробництва, безвідходних технологій; (3) альтернативних джерел енергії; (4) когнітивного управління навколишнім середовищем;
- комплексного вирішення біофізичних, продовольчих, ресурсних, екологічних і енергетичних проблем людства як фундаменту для подальшого соціального прогресу людства, що відкриває можливості подолати глобальні виклики і створити нові соціальні цінності та потреби.

Таким чином, встановлено, що основними трендами у вирішенні глобальних проблем людства на основі конвергенції знань технологій і суспільства за рахунок використання NBIC-технологій як ядра і фундаментальних інструментів розвитку і поширення системи передового виробництва Smart TEMP, є такі:

- підтримка конвергентних технологій і розвитку передових виробництв Smart TEMP за рахунок: (1) реалізації державних і приватних програм, рушійною силою яких є відкритість і візуалізація; (2) прискорення прогресу 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 Індустрії 4.0 створюють матеріальне підґрунтя для вирішення усіх інших глобальних проблем;
- посилення фізичного та когнітивного потенціалу людини шляхом конвергенції NBIC-технологій і платформи людського виміру на основі скоординованих програм досягнення довічного добробуту, поширення когнітивних технологій і покращення людського розвитку;
- досягнення більш високої соціальної продуктивності й економічної ефективності через конвергенцію платформ людської діяльності, сфокусованих на соціальному управлінні. Підвищення економічної продуктивності дозволить вирішити низку проблем, які існують у таких напрямках: (1) у ресурсозберігаючих виробничих системах, що роз-

виваються на основі передових виробничих технологій; (2) у створенні інформаційних технологій з можливостями, набагато ширшими за можливості кремнієвих інтегральних схем; (3) у створенні універсального домену з обміну інформацією, у тому числі, бази даних для всіх дисциплін і секторів економіки; (4) у розвитку гнучкої та ефективної транспортної системи, комплементарних систем типу «людина-робот», систем комунікації між мозком і комп'ютером (наприклад, нейроморфна інженерія та протезування), когнітивних розрахунків та побудови мап мозкової активності та взаємозалежності між сигналами мозку та поведінкою; (5) у використанні конвергентних технологій у методах передового виробництва, що тільки починає поширюватися;

- підтримка сталої якості життя для всіх через конвергенцію платформ земного та людського виміру, що включає: (1) забезпечення рівноправного доступу до знань, природних ресурсів, їжі, охорони здоров'я та безпеки на тлі зростаючої кількості населення, обмежених ресурсів Землі, високого рівня вуглекислого газу й азоту в атмосфері, а також кліматичних змін; (2) досягнення соціальної сталості, у тому числі ефективних рішень у сфері взаємопов'язаних потреб у воді, енергії та матеріалах, а також розвиток сталих міських спільнот;
- розширення прав і можливостей індивідів і їх груп на комплексну освіту завдяки конвергенції, а саме: (1) використання спіральної мережі творчого потенціалу й інноватики в рамках більш великих доменів, включаючи міжгалузеві поєднання; (2) поширення людських знань і когнітивних здібностей, а також аналіз рішень з приводу доданої вартості; (3) створення персоналізованої довічної системи освіти;
- вдосконалення соціального прогресу через: (1) інтеграцію методів конвергенції, етичних аспектів, залучення громадян і влади для розвитку нової моделі державності; (2) зміну основи та посилення ефективності методів соціального управління.

Отже, для країн, що бажають увійти до кола технологічно розвинених або провести модернізацію економіки на новій технологічній базі (таких як Україна), визначення пріоритетів науково-технічних досліджень у галузі конвергентних технологій і створенні на їх основі інноваційних розробок для Smart TEMP набуває сьогодні вкрай важливого значення.

1.3. Виробництво й експорт високотехнологічної продукції та прогнози розвитку передових виробничих технологій у країнах світу й Україні

Сьогодні беззаперечним є той факт, що високотехнологічне виробництво є головним фактором підвищення зайнятості населення та рівня заробітної плати, що, у свою чергу, стає наслідком інтенсивного зростання світового виробництва та обсягів експорту високотехнологічної продукції. При цьому більшість секторів традиційної індустрії вийшли на «технологічне плато» (уповільнення динаміки, падіння віддачі від інвестицій, відсутність радикальних інновацій тощо). Для екстенсивного зростання за рахунок первинної індустріалізації ринків, що розвиваються, явно недостатньо ресурсів: інтелектуальних, матеріальних, інфраструктурного простору. Як наслідок, для країн, що розвиваються (таких як Україна), загострюється проблема пошуку нових проривних технологій, які дозволили б економіці України розвиватися інноваційно-інвестиційним шляхом і збільшувати випуск і експорт високотехнологічної продукції.

За даними Світового банку, який щорічно складає рейтинг країн за двома показниками: 1) рейтинг країн за показником витрат на наукові дослідження і розробки до ВВП; 2) рейтинг високотехнологічного експорту у структурі промислового експорту країни, що висвітлюють взаємозв'язок між коштами, які витрачають країни на науку, і скільки вони заробляють на результатах цих досліджень. У табл. 1.6 наведено показники витрат деяких країн на наукові дослідження і розробки відносно ВВП за 2006–2014 рр. [43].

Таблиця 1.6

Витрати на наукові дослідження і розробки до ВВП за 2006–2014 рр.,%
(за класифікацією Світового банку)

Країна	Роки								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Світ	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1	н/д
Республіка Корея	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,1	4,3
Японія	3,4	3,5	3,5	3,4	3,3	3,4	3,3	3,5	3,6
США	2,6	2,6	2,8	2,8	2,7	2,8	2,8	2,7	н/д
ЄС	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,03
Німеччина	2,5	2,4	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9
Польща	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9

Закінчення табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Китай	1,4	1,4	1,5	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0
Індія	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	н/д	н/д	н/д
Росія	1,1	1,1	1,0	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
Україна	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7
Білорусь	0,7	1,0	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	н/д
Казахстан	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	н/д

Примітка: н/д – немає даних

Джерело: сформовано автором на основі [43]

За показником інтенсивності досліджень і розробок, згідно з рейтингом Світового банку, найбільше на науку та наукові розробки витрачає Південна Корея (близько 4 % від ВВП), далі йдуть Японія (3,5 %), США (2,8 %) і країни ЄС (2,0 %). У Росії цей показник близько 1 % від ВВП. Близько до цього ж рівня знаходяться Польща (0,9 %), Україна (0,8 %), Індія (0,8 %) та Білорусь (0,7 %), тобто на рівні, коли не можна казати, що науку не фінансують зовсім, але це втричі менше за розвинених країн, які сьогодні є технологічними лідерами. За класифікацією Світового банку до високотехнологічної продукції належать: аерокосмічна, фармацевтична, комп'ютери, наукові прилади, електричне машинобудування – тобто продукція з високою інтенсивністю науково-технічних досліджень (with high R&D intensity).

У табл. 1.7 наведено порівняння високотехнологічного експорту у структурі промислового експорту для деяких країн за 2006–2014 рр. [44].

Таблиця 1.7

Співвідношення високотехнологічного експорту у структурі промислового експорту деяких країн за 2006–2014 рр., % (за класифікацією Світового банку)

Країна	Роки								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Світ	20,8	17,5	16,7	18,2	17,6	16,5	16,8	17,0	17,1
Республіка Корея	32,1	30,5	27,6	28,7	29,5	25,7	26,2	27,1	26,9
Японія	30,1	27,2	25,9	21,5	19,9	18,1	17,8	16,8	16,7
США	22,1	18,4	17,3	18,8	18,0	17,5	17,7	17,8	18,3
ЄС	18,5	14,0	13,6	15,2	15,4	15,0	15,5	15,6	15,4
Німеччина	17,1	14,0	13,3	15,3	15,3	15,0	15,8	16,1	16,0

Закінчення табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Польща	3,7	3,0	4,3	6,1	6,7	5,9	7,0	7,8	8,7
Китай	30,5	26,7	25,6	27,5	27,5	25,7	26,2	27,0	25,4
Індія	6,1	6,4	6,8	9,1	7,2	6,9	6,6	8,1	8,6
Росія	7,8	6,9	6,5	9,2	9,1	8,0	8,4	10,0	11,45
Україна	3,4	3,7	3,3	5,6	4,3	4,4	6,3	5,9	6,5
Білорусь	2,8	2,8	2,4	3,1	3,0	2,6	2,9	4,4	4,9
Казахстан	20,9	21,4	21,9	29,9	34,2	24,7	30,0	36,9	37,2

Джерело: сформовано автором на основі [44]

З табл. 1.7 видно, що найбільший відсоток високотехнологічного експорту мають Південна Корея (~27 %), Китай (~26 %), Японія (~18 %), США (~18 %), Німеччина (~16 %), ЄС (~15 %), які витрачають на наукові розробки від 4,5 до 2 % від ВВП. Водночас країни, що просто купують вже готові розробки та патенти, мають достатньо високий відсоток високотехнологічного експорту – Казахстан (~36 %), Індія (~8 %), Польща (~7 %) і витрачають на власні дослідження і розробки всього 0,2 %, 0,8 % і 0,9 % відповідно. При цьому Україна, витрачаючи на науку в середньому 0,8 % ВВП (тобто в 4 рази менше за розвинуті країни), експортує високотехнологічної продукції ~5-6 % від промислового експорту (тобто в 5 разів менше за Корею і Китай і в 3 рази менше за ЄС).

Аналіз існуючих класифікацій високотехнологічних галузей показав, що для розгляду структури та динаміки українського ринку високотехнологічної продукції доцільно взяти за основу Міжнародну стандартну торговельну класифікацію (МСТК), що докладно розглядалося у низці робіт [45–49].

Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) до продукції високотехнологічних галузей за тризначним рівнем товарних підгруп МСТК відносить продукцію таких п'яти галузей: авіакосмічну (коди 714, 792); фармацевтичну (коди 541, 542); конторського обладнання (коди 751, 752, 759); телекомунікаційного обладнання (коди 761, 762, 763, 764) та приладобудування (774, 776, 871, 872, 873, 874, 881, 882, 883, 884, 885) [48; 50]. Визначивши групи товарів високотехнологічних галузей, порівняємо структури світового й українського експорту високотехнологічної продукції у 2014 р., що наведено на рис. 1.9 [51–53].

У табл. 1.8 наведено валову додану вартість продукції високотехнологічних виробництв, а в табл. 1.9 – обсяги експорту високотехнологічної продукції за окремими країнами у 2012–2014 рр. [51–53].

Таблиця 1.8

Валова додана вартість продукції високотехнологічних виробництв за 2012 – 2014 рр. (за класифікацією ОЕСР)

Регіон / країна	Валова додана вартість продукції високотехнологічних виробництв, млн дол. США																	
	Авіакосмічна			Фармацевтична			Контгорське обладнання			Комунікаційне обладнання			Приладобудування			Напівпровідники****		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Світ	180 204	189 880	196 568	418 392	452 392	494 553	117 005	115 380	112 969	224 301	222 556	230 539	344 438	351 664	359 756	364 476	373 775	386 958
Республіка Корея	833	794	791	4 741	4 864	5 293	1 066	893	972	17 817	15 775	16 098	7 197	7 995	8 161	24 930	23 960	23 817
Японія	6 661	4 336	4 157	34 276	30 163	29 195	8 770	7 060	5 876	27 572	18 058	15 006	22 526	15 933	15 718	32 038	21 035	21 148
США	91 159	97 292	101 252	91 640	98 468	104 927	24 894	25 199	24 902	36 153	36 697	37 179	143 712	146 222	150 021	89 866	92 041	92 722
ЄС*	41 788	44 853	45 507	98 186	105 024	114 862	13 856	13 611	14 017	16 078	15 623	15 529	77 851	82 053	82 995	29 310	29 755	30 129
Німеччина	11 099	12 258	12 184	22 735	25 037	27 727	2 168	1 832	1 853	4 080	3 853	3 963	29 461	31 248	31 788	8 931	9 127	9 719
Польща	495	563	585	1 815	1 978	2 163	208	186	191	201	210	211	1 329	1 389	1 453	430	450	436
Китай**	10 456	12 183	13 523	98 281	119 534	139 972	51 672	53 568	53 017	78 880	89 407	98 098	35 373	40 926	44 487	111 801	126 851	137 172
Індія	153	155	163	9 569	10 020	10 636	584	421	281	1 683	1 235	1 071	2 003	1 836	1 759	1 145	840	618
Росія	5 877	6 844	7 690	2 592	2 829	2 532	702	720	552	1 744	1 819	1 824	6 299	7 319	6 672	1 275	1 502	1 488
Україна***	1 283	1 091	695	341	362	307	41	39	26	155	146	103	160	151	107	60	56	40

* Дані не включають країни ЄС: Кіпр, Естонія, Латвія, Литва, Люксембург, Мальта і Словенія

** Дані включають Гонконг

*** Дані для Білорусі і Казахстану не наведені

**** Враховується у приладобудування

Джерело: сформовано автором на основі [51]

Таблиця 1.9

Обсяги експорту високотехнологічної продукції за 2012–2014 рр. (за класифікацією ОЕСР)

Країна	Обсяги експорту високотехнологічної продукції за галузями, млрд. дол. США												Всього експорт високотехнологічної продукції								
	Авіакосмічна				Фармацевтична				Контрорське обладнання				Комунікаційне обладнання				Приладобудування				
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Світ у цілому	262,87	275,2	305,97	491,6	512,0	539,1	456,8	408,4	454,8	718,5	625,1	793,7	1097,9	1051,6	1178,6	3027,7	2872,3	3272,3			
Республіка Корея	1,68	2,33	2,22	1,52	1,58	1,80	5,83	5,59	5,45	33,68	39,22	40,82	84,6	88,8	92,9	127,3	137,5	143,2			
Японія	8,54	8,89	9,30	4,02	3,69	3,34	15,80	14,11	12,81	22,71	17,38	15,62	92,90	81,47	80,14	144,0	125,6	121,2			
США	20,73	19,83	22,51	44,77	44,4	48,69	34,16	32,76	33,05	49,16	50,61	53,33	118,6	119,3	120,8	267,4	266,9	278,3			
ЄС-28	108,3	126,0	121,93	139,5	145,8	156,3	27,63	26,94	25,89	49,17	45,76	43,12	110,0	114,6	116,6	434,6	459,2	463,8			
Німеччина	53,71	54,46	52,19	71,88	75,65	80,34	22,27	21,38	22,41	24,62	24,63	25,36	79,45	82,95	85,79	251,9	259,1	266,1			
Китай	3,45	4,12	5,58	11,94	12,32	13,38	191,6	189,5	190,3	235,4	257,7	280,4	157,7	194,8	169,7	600,2	658,5	659,4			
Індія	1,90	4,28	6,87	10,89	13,25	13,04	0,41	0,36	0,30	4,30	4,16	2,04	2,18	2,54	2,58	19,68	24,59	24,83			
Росія	2,51	3,62	3,04	0,64	0,59	0,62	0,26	0,38	1,17	1,50	1,84	1,81	1,59	1,67	1,75	6,50	8,11	8,40			
Польща	1,92	2,84	2,71	2,40	3,17	3,62	3,24	3,17	3,82	8,55	9,83	11,25	2,03	2,36	3,07	18,14	21,37	24,45			
Україна	1,86	1,36	1,16	0,26	0,27	0,27	0,05	0,04	0,03	0,76	0,62	0,51	0,30	0,29	0,23	3,22	2,59	2,20			
Білорусь	0,002	0,001	0,002	0,15	0,002	0,16	0,01	0,02	0,04	0,19	0,15	0,08	0,42	0,45	0,44	0,78	0,63	0,73			
Казахстан	0,20	0,21	0,29	0,03	0,02	0,02	0,30	0,20	0,40	0,11	0,08	0,27	0,05	0,05	0,04	0,69	0,57	1,02			

Джерело: сформовано автором на основі [52; 53]

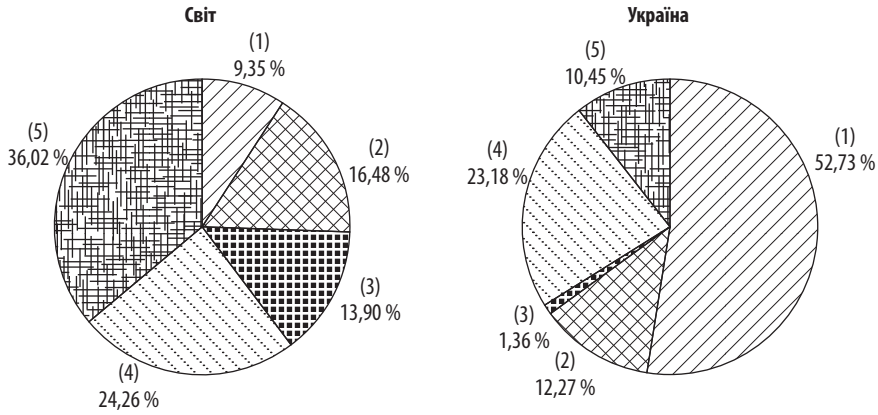


Рис. 1.9. Порівняння структури світового й українського експорту високотехнологічної продукції у 2014 році [51–53]

1 – авіакосмічна; 2 – фармацевтична; 3 – конторське обладнання; 4 – комунікаційне обладнання; 5 – приладобудування

Дані рис. 1.9 відображають невідповідність структури українського експорту високотехнологічної продукції світовій структурі. Так, у структурі світового експорту провідне місце займає продукція приладобудівної галузі – 36,02 %, а в Україні ця продукція посідає четверте місце – 10,45 %. У 2014 році Україна найбільше експортувала продукції авіакосмічної галузі – 52,73 %, а у світовій структурі ця продукція – на останньому місці серед високотехнологічних галузей – 9,35 %. Друге та третє місця і у світовій, і в українській структурі високотехнологічного експорту посідають галузь комунікаційного обладнання (світ – 24,26 %, Україна – 23,18 %) та фармацевтична галузь (світ – 16,48 %, Україна – 12,27 %) [54].

У табл. 1.10 наведено дані щодо частки окремих країн у загальносвітовому експорті високотехнологічної продукції за галузями у 2014 р. [52; 53].

З даних табл. 1.10 і табл. 1.11 видно, що найбільшим експортером продукції авіакосмічної галузі у 2014 р. серед країн, що аналізуються, були країни ЄС-28 – 121,9 млрд дол. США, або 39,85 %, найменшим – Білорусія – 0,002 млрд дол. США, або 0,001 %. Найбільшим експортером продукції фармацевтичної галузі у 2014 р. є країни ЄС-28 – 156,3 млрд дол. США, або 28,99 %, найменшим – Казахстан – 0,02 млрд дол. США, або 0,004 %. Найбільшим експортером продукції галузі конторського обладнання у 2014 р. став Китай – 190,3 млрд дол. США, або 41,84 %, найменшим – Україна – 0,03 млрд дол. США, або 0,01 %. Найбільшим експортером продукції галузі комунікаційного обладнання у 2014 р. був Китай – 280,4 млрд дол. США, або 35,33 %, най-

Таблиця 1.10

Частка окремих країн в світовому експорті високотехнологічної продукції
за галузями в 2014 р., %

Країна	Частка в світовому експорті високотехнологічної продукції за галузями, %					Всього експорт високотехнологічної продукції
	Авіако- лічна	Фарма- цевтична	Конторське обладнання	Комунікаційне обладнання	Приладо- будування	
Республіка Корея	0,73	0,33	1,20	5,14	7,88	4,38
Японія	3,04	0,62	2,82	1,97	6,80	3,70
США	7,36	9,03	7,27	6,72	10,25	8,50
ЄС-28	39,85	28,99	5,69	5,43	9,89	14,17
Німеччина	17,06	14,90	4,93	3,20	7,28	8,13
Китай	1,82	2,48	41,84	35,33	14,40	20,15
Індія	2,25	2,42	0,07	0,26	0,22	0,76
Росія	0,99	0,12	0,26	0,23	0,15	0,26
Польща	0,89	0,67	0,84	1,42	0,26	0,75
Україна	0,38	0,05	0,01	0,06	0,02	0,07
Білорусь	0,001	0,03	0,01	0,01	0,04	0,02
Казахстан	0,09	0,004	0,09	0,03	0,003	0,03

Джерело: сформовано автором на основі [52; 53]

Таблиця 1.11

Співвідношення обсягів експорту високотехнологічної продукції до товарного експорту
деяких країн за 2012–2014 (за класифікацією ОЕСР)

Країна	Експорт високотехнологічної продукції, млрд дол. США			Експорт товарів всього, млрд дол. США			Співвідношення (%)		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Світ	3027,66	2872,30	3272,26	18077,48	18457,70	18663,72	16,75	15,56	17,53
Республіка Корея	127,32	137,47	143,22	547,88	559,63	572,67	23,24	24,57	25,01
Японія	143,97	125,55	121,20	798,62	715,10	683,85	18,03	17,56	17,72
США	267,41	266,89	278,32	1545,60	1578,00	1622,70	17,30	16,91	17,15
ЄС-28	434,62	459,15	463,84	2251,60	2396,20	2337,40	19,30	19,16	19,84
Німеччина	251,92	259,06	266,09	1408,37	1451,63	1505,47	17,89	17,85	17,67
Польща	18,14	21,37	24,45	179,60	203,85	214,48	10,10	10,48	11,40
Китай	600,17	658,49	659,39	2048,94	2210,25	2343,19	29,29	29,79	28,14

Закінчення табл. 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Індія	19,68	24,59	24,83	296,83	314,81	319,76	6,63	7,81	7,77
Росія	6,50	8,11	8,40	524,77	527,27	497,91	1,24	1,54	1,69
Україна	3,22	2,59	2,20	68,69	63,32	53,91	4,69	4,09	4,07
Білорусія	0,78	0,63	0,73	46,06	37,20	36,39	1,70	1,70	2,01
Казахстан	0,69	0,57	1,02	92,28	82,51	78,24	0,75	0,69	1,30

Джерело: сформовано автором на основі [52; 53]

меншим – Білорусія – 0,08 млрд дол. США, або 0,01 %. Найбільшим експортером продукції приладобудівної галузі у 2014 р. став Китай – 169,7 млрд дол. США, або 14,4 %, найменшим – Казахстан – 0,04 млрд дол. США, або 0,003 %. У 2014 р. частка України в загальносвітовому експорті складала: авіакосмічна – 0,38 %, фармацевтична – 0,05 %, конторське обладнання – 0,01 %, комунікаційне обладнання – 0,06 % та приладобудування – 0,02 % (тобто мізерні обсяги).

У табл. 1.11 наведено співвідношення обсягів експорту високотехнологічної продукції до товарного експорту деяких країн за 2012–2014 рр. [52; 53].

Показник співвідношення обсягів експорту високотехнологічної продукції до товарного експорту свідчить про розвиненість країни та зорієнтованість на експорті готової продукції з високою доданою вартістю. З даних табл. 1.10 видно, що серед країн, які аналізуються, найбільша частка експорту високотехнологічної продукції в загальному експорті товарів у 2014 р. спостерігалася в Китаї – 28,14 %, Республіці Кореї – 25,01 %, а найменша – в Казахстані – 1,3 % та Росії – 1,69 %. В ЄС-28 цей показник складає 19,84 %. В Японії, США та Німеччині – близько 17–18 %. Щодо стосується України, то частка експорту високотехнологічної продукції в загальному експорті товарів у 2014 р. складала 4,07 %, у той час як загальносвітовий показник складає 17,5 %. Таким чином, за цим показником Україна відстає від країн-лідерів на ринку високотехнологічної продукції.

На рис. 1.10 наведено динаміку експорту високотехнологічної продукції України за галузями у 2007–2014 рр. [52; 53].

У табл. 1.12 наведено експорт високотехнологічної продукції з України за галузями та країнами світу у 2014 р. (за даними і класифікацією ОЕСР).

З даних табл. 1.12 видно, що за результатами 2014 р. найбільшими імпортерами високотехнологічної продукції українського виробництва були: для авіакосмічного комплексу та приладобудування – Росія (654,1 млн дол. США, 56,62 %; 97,82 млн дол. США, 42,3 % відповідно), для офісного і комп'ютерного

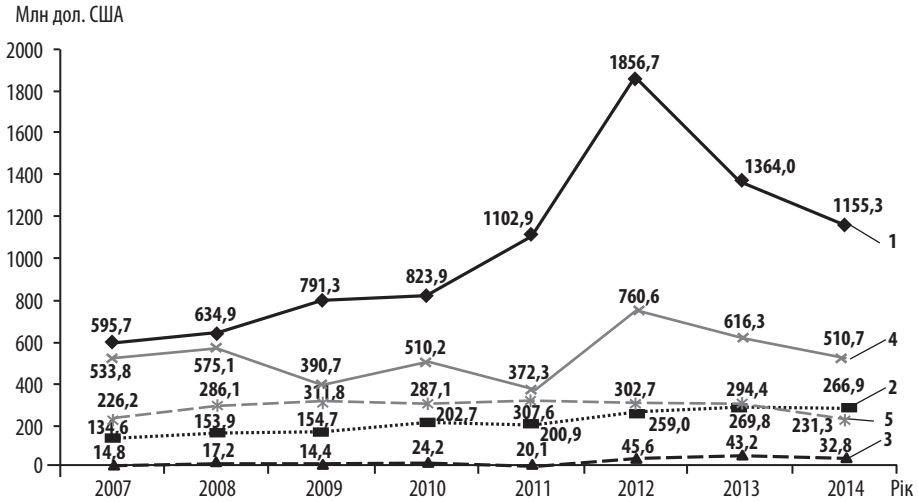


Рис. 1.10. Динаміка експорту високотехнологічної продукції України за галузями в 2007-2014 рр., млн дол. США:

1 – авіакосмічна; 2 – фармацевтична; 3 – конторське обладнання; 4 – комунікаційне обладнання; 5 – приладобудування [52; 53]

обладнання та комунікаційного обладнання – ЄС-28 (24,3 млн дол. США, 74,05 %; 282,07 млн дол. США, 55,24 % відповідно), а для фармацевтичної продукції – Узбекистан (62,4 млн дол. США, 23,46 %). Як видно з рис. 1.10, починаючи з 2012 р. до 2014 р. спостерігається безумовне падіння високотехнологічного експорту України, перш за все для продукції авіакосмічного комплексу (в 1,6 разу), комунікаційного обладнання (в 1,5 разу).

За даними Державної служби статистики України, загальний зовнішньоторговельний товарообіг України у 2015 р. склав 74,7 млрд дол. Порівняно з 2014 р. він скоротився майже на 30 %, або на 31,9 млрд дол. [54]. При цьому падіння експорту найбільшою мірою відбулося в металургії та машинобудуванні. Порівняно з 2013 р. експорт продукції ПЕК «обвалився» у 6 разів, машинобудування – у 2,2 разу, металургії – у 1,9 разу, хімпрому – у 2 рази.

Відповідно очікувано змінилася структура експорту за товарними групами: у 2015 р. продажі продтоварів сільгосппродукції вийшли на перше місце, зайнявши частку 38,2 % у загальній структурі експорту. Сьогодні найбільш «високотехнологічною» продукцією у ТОП-10 українського експорту є дроти та кабелі. Продукція, що відноситься до групи високотехнологічних товарів, займає лише 13-й рядок експортного рейтингу – наприклад, це двигуни турбореактивні, турбогвинтові та інші газові турбіни. Їх експорт у 2015 р.

Таблиця 1.12

Експорт високотехнологічної продукції з України за галузями та країнами світу у 2014 р. (за класифікацією ОЕСР)

Обсяги експорту високотехнологічної продукції з України за галузями та країнами світу у 2014 р.																			
Авіакосмічна				Фармацевтична				Контрольське обладнання				Комунікаційне обладнання				Приладобудування			
Країна	млн дол. США	%	Країна	млн дол. США	%	Країна	млн дол. США	%	Країна	млн дол. США	%	Країна	млн дол. США	%	Країна	млн дол. США	%		
																		Країна	млн дол. США
Росія	654,10	56,62	Узбекистан	62,37	23,46	ЄС-28	24,30	74,05	ЄС-28	282,07	55,24	Росія	97,82	42,3					
Китай	93,72	8,11	Росія	45,27	17,02	Росія	2,76	8,40	Росія	131,51	25,75	ЄС-28	53,33	23,1					
Іран	92,16	7,98	Казахстан	27,14	10,20	Білорусь	1,97	6,00	Ефіопія	16,68	3,27	Китай	9,06	3,92					
Індія	62,89	5,44	Бразилія	25,27	9,50	Казахстан	0,64	1,95	Єгипет	16,30	3,19	Казахстан	8,15	3,53					
Куба	53,19	4,60	Білорусь	24,77	9,32	Молдова	0,44	1,35	Білорусь	12,74	2,49	Білорусь	7,23	3,13					
Казахстан	39,78	3,44	ЄС-28	24,47	9,20	Узбекистан	0,34	1,04	Казахстан	8,26	1,62	США	5,75	2,49					
Пакистан	36,28	3,14	Азербайджан	13,50	5,08	Пакистан	0,22	0,67	Молдова	6,90	1,35	Бангладеш	5,11	2,21					
ЄС-28	23,48	2,03	Молдова	12,65	4,76	США	0,20	0,60	Індія	4,67	0,92	Індія	5,06	2,19					
Білорусь	17,21	1,49	Грузія	7,63	2,87	Китай, Гонконг	0,19	0,57	Узбекистан	4,02	0,79	Узбекистан	4,01	1,73					
Чад	11,32	0,98	Туркменістан	5,05	1,90	Туніс	0,15	0,46	Ізраїль	3,87	0,76	Таїланд	3,84	1,66					
Решта	71,19	6,16	Решта	17,78	6,69	Решта	1,61	4,91	Решта	23,63	4,63	Решта	31,94	13,8					
Світ	1155,3	100,0	Світ	265,91	100,0	Світ	32,82	100,0	Світ	510,65	100,0	Світ	231,3	100,					

Джерело: сформовано автором на основі [52; 53]

склав менше 1,8 % від загального обсягу експорту. У 2015 р. частка поставок українських товарів до країн ЄС-28 зросла – з 31,6 % до 34,1 %, але загальний обсяг експорту до ЄС знизився: «мінус» 4,06 млрд дол. проти 2014 р. [55; 56].

Таким чином, криза української зовнішньої торгівлі високотехнологічними товарами після 2012 р. не лише істотно прискорилася, але й набула нових ознак, що пов'язані як з гібридною війною, що веде Росія проти України, у тому числі закриваючи свій ринок для української високотехнологічної продукції, так і зміною технологічних пріоритетів на світових ринках і все більш інтенсивним розвитком передових виробничих технологій відповідною реструктуризацією світового експорту.

Подальший промисловий розвиток і якісна зміна структури високотехнологічного експорту в розвинених країнах – основних виробниках високотехнологічної продукції (Південна Корея, Японія, США, ЄС) – будуть пов'язані із запуском наступного інноваційно-технологічного циклу (зміною технологічної парадигми) і здійсненням трьох пов'язаних «революцій»: 1) революція в проектуванні та організації виробничих процесів; 2) перехід до нових матеріалів; 3) революція в інфраструктурах, перехід до «розумних середовищ / мереж» як подолання лінійної архітектури традиційних індустріальних інфраструктур [41].

Як наслідок, сьогодні багато міжнародних організацій, наприклад: World bank (WB), World Economic Forum (WEF), United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), International Council for Science (ICSU); міжнародних науково-освітніх центрів і об'єднань експертів – World Technology Evaluation Center (WTEC), World Future Society (WFS), Foresight Horizon Scanning Centre (FHSC), US National Association of Advanced Manufacturing (NACFAM), High Level Expert Group on Key Enabling Technologies (HLG-KET) of European Commission (HLEG EC), European Political Strategy Centre (EPSC); дослідницьких університетів – Massachusetts Institute of Technology (MIT), Institute for Defence Analyses (IDA), University of Cambridge, University of Oxford, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), Institute for Critical Technology and Applied Science (Virginia Tech), Сколівський інститут науки і технологій; міжнародних корпорацій і компаній – Research and Development, Inc. (Rand), Cisco Systems, Inc. (Cisco), KPMG International (KPMG) та сотні інших, а також низка всесвітньо відомих футурологів намагаються зробити узагальнюючі прогнози найбільш перспективних для бізнесу технологій, які можуть змінити світ і сприяти вирішенню глобальних проблем.

Так, у 2010 р. і 2015 р. футурологи компанії Cisco чітко вказали десять технотрендів, які до 2020 р. змінять світ і наведені в табл. В.1 Додатка В [57; 58]. Фахівці компанії підкреслюють, що у всіх галузях економіки відбудеться цифрова революція, насамперед це буде революція у медицині, нафтогазовій галузі і банківській справі. Крім того, завдяки оцифруванню відбудеться технологічний переворот у таких напрямках: (1) стануть цифровими регіони, міста і компанії внаслідок цифровізації, всеосяжного інтернету («Великі дані»), прискорення інновацій (швидка ІТ-інфраструктура), повсякмісного застосування технологій безпеки; (2) кожна компанія повинна стати технологічною, перш за все, за рахунок правильної архітектури на основі інтелектуального підключення людей, процесів, даних і пристроїв до взаємодії через мережу; (3) телемедицина і пристрої, що носяться на тілі; (4) оцифрування матерії за рахунок 3D-друку; (5) поява додатків, що розширюють функції людського мозку; (6) все більш безлюдні виробництва; (7) потенційне перетворення даних на мудрість [58].

Крім того, багато вчених, спеціалістів і футурологів за результатами розвитку наукових досліджень і перспективних інноваційних розробок у першому десятиріччя ХХІ століття виокремлюють десять головних наукових проблем і відкриттів, які були б просто неможливі без широкого використання найновіших розробок у сфері ІКТ і наведених в табл. В.2 Додатка В [59; 60].

У табл. В.3 Додатка В наведено відповідність глобальних проблем людства і десяти найбільших наукових проблем, відкриттів і технологій, що з'явилися у період 2000–2010 рр. і матимуть вплив на суспільство до 2030 р. [59; 60].

Массачусетський технологічний інститут (МІТ) в журналі «Огляд технологій» (MIT Technology Review) починаючи з 2002 р. щорічно наводить перелік із 10 перспективних (проривних) технологій, які матимуть найбільший вплив на суспільство у наступні п'ять років. У табл. 1.13 наведено переліки та характеристики 10 перспективних технологій, підготовлених у 2011–2016 рр. і розрахованих на наступні п'ять років [61–66]. Крім того, у 2011 р. МІТ опублікував спеціальне дослідження щодо перспектив конвергенції наук про життя, фізичних і інженерних наук [25], а у 2013 р. – Звіт про тренди, що розвиваються у світовому виробництві [34]. Так, у 2013 р. МІТ виокремлює чотири мегатренди до 2020 р.: (1) нанотехнології і нові матеріали; (2) влада замовника; (3) автоматизація робіт; (4) надпов'язаність: мобільні прилади, інтернет речей і великі дані. Основні тенденції розвитку передових виробничих технологій у період 2014–2020 рр. за прогнозами МІТ наведені у табл. 1.14 [34].

У 2013 р. міжнародна організація United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) разом з Кембріджським університетом (*University*

Таблиця 1.13

Перелік і характеристики 10 провідних технологій світу, які за прогнозами Массачусетського технологічного інституту (MIT) матимуть найбільший вплив на суспільство на наступні п'ять років (до 2020 р.)

		Рік розробки технологічного прогнозу MIT						
№ з/п		2011	2012	2013	2014	2015	2016	
1			3	4	5	6	7	
1	Геноміка раку – розшифровка генетики за хворобю	Яйцеклітини зі стовбурових клітин – нещодавне відкриття може збільшити шанси літніх жінок мати дітей	Імплантати пам'яті – нейрофізіологи особистості вважають, що вони розшифрували код, за допомогою якого мозок формує довгострокові спогади	Картування мозку – новітня карта (як результат десяти років роботи), на якій показані структури головного мозку набагато більш докладно, ніж будь-коли раніше, забезпечуючи неврологів відповідною інструкцією величезної складності	Рідина біопсія – швидкодійні апарати ДНК-секвенування призводять до спрощення процедури аналізів крові для хворих на рак	Імунна інженерія – генетично сконструйовані імунні клітини рятують життя хворих на рак. Це може бути тільки початок		
2	Розділення хромосом – більш точний спосіб читання ДНК буде новатися, як ми ставимося до хвороби	Нанопорове секвенування – простий і прямий аналіз ДНК буде робити генетичне тестування рутинною роботою у більшій кількості ситуацій	Пренатальне секвенування ДНК – зчитування ДНК плоду є наступним рубіжем революції геному. Це надає можливість знати генетичну долю майбутньої дитини	Редизування геному – здатність створювати приматів з навмисними мутаціями може дати нові потужні способи вивчення складних і генетично спричинених захворювань мозку	Інтернет-ДНК – глобальна мережа мільйонів геномів може бути наступним великим кроком вперед у розвитку	ДНК-сховище/магазин – інтернет-магазин для отримання інформації щодо власних геномів, який робитиме це дешево і легко, щоб дізнатися більше про ризики для здоров'я і щільності		
3	Синтетичні клітини – розробка нових геномів може прискорити створення вакцин і біопа-	Сонячні мікромережі – DC-мережі на рівні окремого поселення сітки забезпечують	Супермережі – автономатичний вимикач високої потужності може зробити живлення	Сільськогосподарські дрони – відносно дешеві безпілотні літаки з удосконаленими датчиками	Перезавантажений фотосинтез – розширені генетичні інструменти могли б допомогти	Точне редагування геномів у рослинах (CRISPR) – пропонує простий і точний спосіб змінова-		

Продовження табл. 1.13

1	2	3	4	5	6	7
6	Хмарні потоки – розробка програмного забезпечення високої продуктивності для мобільних пристроїв	Високошвидкісний пошук матеріалів – новий спосіб ідентифікації матеріалів, придатних для батарей масового виробництва, може революціонізувати зберігання енергії	Тимчасові соціальні мережі – повідомлення, які швидко самознищуються, можуть підвищити конфіденційність онлайн-спілкування і змусити людей відчувати себе вільними і бути спонтанними	Розціплюючі окуляри – через тридцять років після того, як дебютували окуляри віртуальної реальності і віртуальні світи, технологія готова до широкого використання	Магічний стрибок – стартап (общає більше півмільярда доларів) надає новий підхід до створення 3D-зображення	Розмовні Інтерфейси – потужна мовна технологія від провідних інтернет-компаній Китаю робить користування смартфоном набагато простішим
7	Розумні трансформатори – контроль витрат електроенергії для стабілізації сітки	3D-транзистори – Intel створює більш швидкі і більш енергоефективні процесори	Розумний годинник – розробники Pebble-годинника зрозуміли, що мобільний телефон є більш корисним, якщо ви не повинні виймати його зі своєї кишені	Надзакришені смартфони – нові моделі, побудовані з максимальною безпекою і конфіденційністю як реакція на Zeitgeist епохи Snowden	Apple-кувіля – продумана комбінація технологій, яка робить купівлю речей по мобільному телефону більш безпечною і швидкою	Слабина – послуга, побудована для епохи мобільних телефонів і коротких текстових повідомлень, докорінно змінює робоче місце
8	Соціальна індексація – Facebook перерозподіляє ресурси Web, щоб персоналізувати онлайн-сервіси	Хронологія Facebook – компанія соціальних мереж займається збором і аналізом даних споживачів у безпрецедентних масштабах	Великі дані з дешевих телефонів – збір і аналіз інформації від протистих мобільних телефонів може забезпечити дивовижне розуміння того, як люди рухаються і ведуть себе, а також допомогти зрозуміти поширення хвороб	Мобільна співпраця – епоха смартфонів, нарешті, отримала програмне забезпечення тієї продуктивності, якої вона потребує	Проект Балон – теплові повітряні кулі дозволили мільярдам людей отримати доступ до онлайну в перший раз / Google найближчим часом напра-вить їх до багатьох місць, куди стільниковий зв'язок з веж не доходить	Потужність з повітря – інтернет-пристрої під управлінням Wi-Fi і інших телекомунікаційних сигналів зроблять невеликі комп'ютери і датчики більш поширеними

Закінчення табл. 1.13

1	2	3	4	5	6	7
9	Стійкий до вливу код — створення необхідної безпеки програмного забезпечення	Просвітлена фотографія — Lutro заново відкрив камеру таким чином, щоб вона могла розвиватися швидше	Вахтер. The Blue-Collar Robot — нове творіння ReThink Robotics нового покоління, але інновації, які стоять за цим роботом, показують, як важко взаємодіяти з людьми	Моторні роботи — компютерні вчені створили машини, які мають баланс і спритність, щоб ходити і бігати по пересіченій і нерівній місцевості, що робить їх набагато більш корисними в навігації людини у середовищі	Комунікація автомобіля з автомобілем — проста бездротова технологія обіцяє зробити водіння більш безпечним	Тесла Автопілот — виробник електричних транспортних засобів встановив на електромобілі оновлене програмне забезпечення, яке зробило автономне водіння реальністю
10	Гомоморфне шифрування — створення більш безпечних хмарних обчислень	Stowdfunding — Kickstarter фінансує комерціалізацію нових технологій	Передове виробництво — General Electric як найбільший у світі виробник знаходиться на межі використання 3D-друку, щоб виробляти комплектуючі за допомогою струйних мікроінжекторів	Мікромасштабний 3D-друк — чорнило, виготовлене з різних матеріалів, які точно застосовуються, що значно розширює різновиди речей, які можуть бути надруковані	Нанорухітектура — вчені Каліфорнійського технологічного інституту створюють нанорешітки з величезним потенціалом	Багаторазові ракети — ракети, як правило, знищуються під час першого польоту, але тепер вони можуть робити вертикальну посадку і заправлятися для повторного використання, готуючи підґрунтя для нової ери в космічних польотах

Джерело: сформовано автором на основі [61–66]

Таблиця 1.14

Передові (проривні) технології, найбільш перспективні до 2020 року (Массачусетський технологічний інститут (MIT), 2013 р.)

Основний напрямок	Приклади технологій
1	2
<p>Біомедицина і фармація</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Прогностична медицина – геноміка сполучається з фармацією (зростання ринку персоналізованої медицини); ▪ наступне покоління геноміки і збір даних (приборкання великих обсягів даних для обчислення послідовності ДНК); ▪ нанотехнології і мозок (3D анатомія мозку); ▪ нові протоколи на молекулярному рівні (контрольовані системи доставки лікарських засобів, а також молекулярні маркери – важливий крок до персоналізованої медицини); ▪ тканинна інженерія і регенеративна медицина (відновлення пошкоджених тканин, запобігання вродженим дефектам, підвищення біомеханічних функцій тканин, управління процесами росту тканин); ▪ біопрінтинг (druk тканин людини); ▪ об'єднання міжнародних зусиль у фармацевтиці, біомедицині та нейробиології з метою прийняти великомасштабних і систематичних підходів до управління хворобами. <p>Перспективи: P4-медицина (прогностична, персоналізована, профілактична і діалогова – тобто перехід від реактивної медицини до проактивного медицини, орієнтовану на догляд, частково на основі ДНК); розташовані на тілі нові засоби діагностики, можливість перезавантаження мозку людини, що веде до безсмертя; зміни у глобальній географії</p>
<p>Медичні прилади й оцифровування здоров'я</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Цифрове здоров'я і доставка (телемедицина, що зробить медицину більш ефективною; становлення електронних медичних записів); ▪ великі дані («мої дані – це моє життя» – рух кількісного самообслуговування; компанія Qualcomm пропонує платформу 2Net); ▪ M-здоров'я (мобільне здоров'я: доведення живлення й інформації до пацієнта і лікаря; програми дозволять проводити медогляди за допомогою смартфонів); ▪ сенсорні технології і пристрої, що носяться (самострамованість, постійний моніторинг і вимірювання з плином часу; Scanadu Scout: медичний моніторинг в один дотик; DuoFertility: датчики температури, що носяться на тілі, з метою допомоги у зачатті); ▪ стартовий запуск програми «Цифрове здоров'я». <p>Перспективи: Нова ера в охороні здоров'я: відповідно до того, як тенденція до децентралізації охорони здоров'я сходиться з досягненнями в області технологій, що полегшують самоведення пацієнта, по всьому світу відбувається різке зростання кількості роздрібних клінік, телемедицини і моделей дистанційного надання медичної допомоги</p>

Продовження табл. 1.14

2	
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Приборкання великих обсягів даних з метою великого прибутку (високоякісні, високошвидкісні і великого обсягу дані вимагають інноваційної та економічно вигідної форми обробки інформації для більш широкого розуміння і прийняття рішень; зберігання та аналіз даних з відкритим вихідним кодом); ▪ орієновані на конкретного клієнта магазини (персоналізовані пропозиції); ▪ цифрові технології (перетворення традиційних галузей промисловості); ▪ нові ринки для мобільних технологій (стільниковий телефон в кожній кишені); ▪ електронна комерція (мобільні пристрої перетрушують роздрібних торговців і брокерів; користувачі смартфонів платять за перегляд реклами); ▪ зростання мобільних додатків (самообслуговування у режимі реального часу); ▪ кібербезпека (захист активів у цифрову епоху); ▪ Інтернет речей (підключення машин до інтернету робить їх більш корисними); ▪ освіта без стін (мобільний доступ робить освіту більш дешевою і більш доступною). <p>Перспективи: індустрія на основі наскрізних технологій і індивідуалізації споживачів</p>
Нова глобальна енергетична карта	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Бум сланцевого газу (революційні розробки в галузі видобутку сланцевого газу); ▪ стиснутий газ для доріг (перехід автотранспорту на природний газ йде повним ходом); ▪ нові технології видобутку нафти (зростання світового ринку глибоководного видобування; плаваючі бурові установки, що включаються за допомогою GPS); ▪ розумні гід-мережі і мікромережі (технології розумних гід-мереж спрямовані на комп'ютеризацію електромереж і докорінну зміну оплати й управління споживанням електроенергії); ▪ акумулювання енергії (важлива частина енергетичного рівняння; найкращою наявною технологією залишається літій-іонна, яка використовується у всьому; від мобільних телефонів до високопродуктивних електричних транспортних засобів); ▪ уловлювання для більш чистого вугілля (хімічне перетворення вугілля); ▪ відновлювальна енергія (потенціал природних ресурсів). <p>Перспективи: технічно й економічно доцільно зробити перехід на поновлювані джерела енергії до 2030 року</p>
Передове виробництво	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3D-друк (нові можливості для створення інновацій серед інженерів-проектувальників для персонально орієнтованого виробництва; 3D-друк; Esolodis розробляє Urbee 2, перший позадорожній паливозберігаючий автомобіль, який буде побудований з використанням 3D-друку; технологічний рух «do-it-yourself (DIY)» працює над створенням доморощеного, локального стилю виготовлення);

Продовження табл. 1.14

1	2
<p>Нанотехнології і нові матеріали</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ робототехніка (виробництва повинні підвищити продуктивність і стати більш гнучкими, щоб мати змогу швидко адаптуватися до мінливих потреб клієнтів; гуманоїдні промислові роботи, хоча й не настільки сильні, як традиційні промислові роботи, але цей новий клас машин є більш безпечним для взаємодії з людьми; роботи тепер можуть відчувати вплив об'єктів, а не просто обчислювати їхнє розташування); ▪ масове виготовлення на замовлення (масова кастомізація дозволяє клієнтам вибирати зі стандартизованих варіантів, наприклад в області побутової електроніки (комп'ютери з різними варіантами екранів і розміру пам'яті), в автомобільній та швейній промисловості); ▪ створення нових матеріалів (інновації в області нано- та біотехнологій дозволяють створити проривні продукти); ▪ локалізація (процес локалізації важливий не тільки з точки зору зниження вартості компонентів, але і для технологічної незалежності країни, а також оптимізує загальний економічний результат). <p>Перспективи: інновації у автоматизованому виробництві з використанням датчиків, робототехніки і більш швидких способів 3D-друку можуть замінити традиційні трудові сили виробництва</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Нано й енергетика (нанотехнології на передньому краї досліджень в області енергетики; використання нано у сонячних батареях обіцяє набагато ефективніші способи виробництва електроенергії; нанорозмірні «кардіостимулятори» допомагають регулювати електричні процеси сигналізації в будь-якій частині тіла, від серця до мозку); ▪ нано і електроніка (від сонячних батарей до стільникових телефонів – дешевий і легкий друк різних наоелектронних пристроїв разом на одному й тому ж чипі призводить до можливості одержання нових оптичних властивостей і підвищеної ефективності використання енергії; квантові точки; графен); ▪ нано і мікророботи (використання мікророботів для проникнення через кровоносні судини людини для відновлення пошкоджених судин або клітин, для створення замку безпеки навколо чипів, для швидкого з'єднання розірваних тканин серця, для побудови біологічних тканин, для хімічного зондування на заводах або для військового спостереження, а також для створення великих структур, у які група мікророботів може збиратися за командою з центрального пульта); ▪ ринок масових продуктів на основі нано (наночастинки сьогодні присутні всюди, від сонцезахисних засобів для спортивного інвентарю); ▪ нано і біомедицина (вибуховими темпами розвиваються області регенеративної медицини; нано відображає людський мозок). <p>Перспективи: активні складні наносистеми; масштабне застосування сучасних матеріалів, наноструктурованих хімікатів, наоелектроніки і фармацевтичних препаратів; нові області застосування, такі як енергетика, наукові дослідження у галузі харчування і сільського господарства, наномедицини і інженерного моделювання; розуміння нанорозмірних принципів і явищ; прискорений розвиток знань і підвищення швидкості відкриттів; поява офіційних програм і об'єктів для нанотехнологічних досліджень, освіти, процесів виробництва, інструментів і стандартів</p>

Закічення табл. 1.14

1	<p style="text-align: center;">2</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Бездротові сенсорні мережі (інтеграція інфраструктур і послуг як єдиного цілого – датчики, встановлені на складових міській інфраструктури, передають дані щодо витoku води, трафіку і громадського транспорту, забруднення повітря, парковок, освітлення тощо задля підвищення ефективності, зменшення споживання енергії, а також виявлення значних тенденцій з плином часу з метою удосконалення); ▪ електронний уряд, відкритий доступ і App рух (місцеві органи влади використовують електронні послуги для більш легкої і швидкої доставки та обміну інформацією; Code4Europe – дві ініціативи, які спрямовані на розробку мережевих і мобільних додатків для міст); ▪ розумна енергія (гнучка, інтегрована і ефективна; фотоелементи мігрують з дахів будинків до стін і панелей будівель); ▪ транспортна мобільність (завершення епохи заторів у різних містах світу; краудсорсінг для того, щоб розбити трафік); ▪ інноваційні будівельні матеріали (нове покоління матеріалів і технологій; теплопоглинальні стіни; скло, яке дихає); ▪ віртуальні гроші (розумне місто – це розумний бізнес; IT-компанії не просто постачають технології, а також забезпечують підтримку прийняття рішень за допомогою аналізу і прогнозного моделювання і пропонують заходи в галузі транспорту, енергетики та соціальних послуг); ▪ інтелектуальне управління містом (нові форми управління мають важливе значення для реагування на нові міські виклики; для того щоб бути більш стійкими, міське середовище повинне стати пружним, а міста повинні вжити заходів з відвернення екологічних, економічних і соціальних потрясінь, з якими вони стикаються щодня). <p>Перспективи: бездротова технологія датчиків і великих даних: в даний час інтелектуальні будівлі, інтелектуальні лічильники парковок, а також засоби управління рухом, вже підключені до мережі Інтернет за допомогою аналізу великих даних і бездротових додатків; Великі дані: покращена інтеграція даних залишатиметься викликом і метою</p>
---	---

Джерело: сформовано автором на основі [34]

of Cambridge) також провели дослідження з визначення найбільш перспективних передових (проривних) технологій до 2020 р. У табл. В.4 Додатка В наведено узагальнений прогноз розвитку у країнах ЄС загалом, а також у Німеччині, Великобританії, Данії, Швеції, Китаї, Південній Кореї, Австралії, США, Канаді і Бразилії *передових (проривних) наукових та інженерних розробок, що будуть визначати розвиток глобального виробництва до 2020–2030 рр.* [31, с. 39–50].

У цьому дослідженні вказані як найбільш перспективні такі технології, як: (1) фотоніка; (2) біотехнології; (3) нанотехнології; (4) мікротехнології; (5) ІКТ у виробничих системах; (6) передові матеріали; (7) адитивне виробництво; (8) енергетичні і технології навколишнього середовища [31, с. 37–38]. Ці технологічні області мають багатопрофільний і міждисциплінарний характер, а їх розвиток призводить до проривів у фізиці, хімії, матеріалознавстві і біології, а також зближує ці дисципліни. Вони пов'язані з високою інтенсивністю знань, високими витратами на науково-технічні дослідження, пришвидшеними інноваційними циклами, високими капітальними витратами і висококваліфікованою працею. Крім того, ці технології мають системну значущість, міждисциплінарний і наскрізний характер у багатьох областях технології з тенденцією до конвергенції.

Національні пріоритети у виробничих технологіях, як правило, відображають місцеві історичні промислові структури та / або сильні сторони, а також інтереси домінуючих виробничих галузей промисловості в економіці, наприклад: (1) США роблять акцент на наступному поколінні матеріалів (і новітньому інжинірингу матеріалів) для виробництва; (2) Японія фокусується, по-перше, на наслідках демографічних змін (визначенні пріоритетів досліджень в області новітніх технологій виробництва для старіючої робочої сили, а також виробництві нових продуктів для старіючого населення), по-друге, на візуалізації технологій та інтеграції інших ІТ-систем з виробничими технологіями для підвищення конкурентоспроможності виробничих систем; (3) Німеччина спрямовує зусилля на виробничі процеси, які захищають ІТ-продукти від піратства; (4) Бразилія робить акцент на біопаливі та нафтохімічних технологіях. Крім того, нові пріоритетні технології знаходяться в цей час на різних стадіях розвитку (тобто різних рівнях технології готовності) і комерціалізації. Так, за деякими оцінками, впровадження нових ІКТ-рішень і мікроелектромеханічних систем (MEMS) у виробничі операції відбудеться у короткостроковій перспективі. Передові матеріали з'являються у короткострокових і середньострокових програмах наукових досліджень, в той же час реалізація нових технологічних принципів виробництва, що спирається на нано- або біотехнології, буде відбуватися тільки у довгостроковій перспективі [31, с. 39].

У 2015 р. авторитетна Міжнародна асоціація KPMG, що поєднує провідних фінансових консультантів і аудиторів у всьому світі, провела поглиблений аналіз ідей більш ніж 800 провідних фахівців у галузі інформаційних технологій (починаючи від серійних підприємців до 100 лідерів хай-тек-індустрії і венчурних капіталістів) і, як результат, у щорічній публікації «Зміна ландшафту передових технологій» представила результати прогнозу і визначила перелік перспективних для бізнесу ПВТ до 2020 року.

У табл. 1.15 наведено результати прогнозного аналізу щодо того, які ПВТ міжнародний бізнес вважає найбільш перспективними до 2020 року.

Таблиця 1.15

Конвергентні технології, які для міжнародного бізнесу будуть найбільш перспективними до 2020 року (за даними компанії KPMG, 2015 р.)
(% від усіх конвергентних технологій)

Конвергентні технології	Світ у цілому	США	Китай	Японія	АСРАС (Азіатсько-Тихоокеанський регіон)	ЕМЕА (Європа – Близький Схід – Африка)
1	2	3	4	5	6	7
Хмарні технології	11	14	15	13	11	6
Мобільні платформи і застосування	9	9	3	10	8	11
Інтернет речей	9	8	9	3	9	9
Дані й аналітика	9	14	3	10	7	8
Біотехнології / цифрові технології лікування / охорона здоров'я	8	15	3	3	7	7
3D-друк	7	2	4	3	6	12
Кібербезпека	6	5	8	10	7	7
Роботи	6	5	6	3	6	8
Штучний інтелект / когнітивні обчислення	5	4	15	10	8	2
Соціальні мережі / платформи для спільної роботи	5	4	4	3	4	6
Цифрові валютні платформи (наприклад, bitcoin, платіжні системи)	4	2	6	7	6	5
Нанотехнології	4	3	6	3	4	4
Предмети інноваційного одягу	4	3	6	3	4	3

Закінчення табл. 1.15

1	2	3	4	5	6	7
Віртуальна реальність / доповнена реальність	3	4	2	3	3	3
Інші	10	8	10	16	10	9
Всього	100	100	100	100	100	100

Джерело: сформовано автором на основі [39–41; 130]

З табл. 1.15 видно, що для США найвищий рейтинг мають біотехнології (15 %) як незамінні технології для споживачів протягом 2016–2020 рр. Так, сьогодні ринок охорони здоров'я у США переживає суттєві зміни, внаслідок яких споживачі отримують більш повний контроль над прийняттям рішень, пов'язаних зі здоров'ям. Виконано багато розробок у біотехнологічному просторі, включаючи швидке та недороге секвенування генів для споживачів, яке продовжує вдосконалюватись. Інші нововведення у вигляді біосенсорів і фітнес-трекерів будуть прийняті споживачами як нові способи управління і підтримки свого здоров'я. В Європі найбільшу за ранжуванням позицію займає 3D-друк, який надає можливість знизити вартість виробництва і, як наслідок, розробити нові бізнес-моделі, в яких створення умов для виробництва швидких і доступних прототипів повинно бути в руках споживача. В Азії технологічні інновації дуже сильно орієнтовані на споживача. Швидкі темпи прийняття смартфонів та інтелектуальних гаджетів технічно підкованими споживачами в Японії, Китаї та Південно-Східної Азії будуть продовжувати керувати інноваціями. В регіоні, де люди, як відомо, носять кілька мобільних пристроїв, хмарні технології та розумні мобільні гаджети стануть наступними незамінними технологіями для споживачів, а компанії, які вбудували кібер-технології як стратегічний продукт або послугу, матимуть конкурентну перевагу. В Китаї високий (15 %) рейтинг штучного інтелекту може бути пов'язаний з провідною ініціативою Китаю зі створення лідерної пошукової технології «Baidu» за підтримки китайського уряду. Сьогодні Китай прагне зробити розвиток штучного інтелекту своїм національним пріоритетом, так само, як програма Аполлон була в минулому національним пріоритетом для США.

За результатами окремих прогнозних досліджень російських учених в рамках підготовки із ста прогнозних технологій також було відібрано десять проривних, що знаходяться на різних етапах розробки та матимуть першочергове значення у період до 2020 р. (табл. 1.16) [120]. Зокрема, це такі технології і технічні рішення, як: (1) портативні електронні пристрої; (2) паливно-акумуляторні гібридні автомобілі; (3) комп'ютеризоване високо-

точне сільськогосподарське виробництво; (4) масова кастомізація продукції через Інтернет; (5) життя у телепросторі; (6) поява віртуальних секретарів; (7) генетичне конструювання; (8) комп'ютеризоване медичне обслуговування; (9) розширене застосування альтернативних джерел енергії; (10) інтелектуальні, мобільні роботи.

Таблиця 1.16

Десять проривних технологій, що за даними російських вчених будуть мати першочергове значення до 2020 рр.

Технологія	Перспективні зміни
Портативні електронні пристрої	Сполучають можливості персонального комп'ютера, доступу до Інтернет, отримання телевізійного зображення та телефонного зв'язку
Паливно-акумуляторні автомобілі	Автомобілі з гібридними двигунами, заснованими на застосуванні воднево-кисневого палива та електроенергії
Високоточне сільськогосподарське виробництво	Комп'ютеризоване управління виробництвом зернових культур з урахуванням земельних умов
Масова кастомізація продукції через Інтернет	Торгівля за допомогою Інтернет. За оцінками віртуальна торгівля у 2007 р. склала 30 % економіки США
Життя в телепросторі	Виникнення стилю життя, пов'язаного із використанням засобів інформатики та Інтернету в усіх його аспектах – роботі, навчанні, здійсненні купівель і т. ін.
Поява віртуальних секретарів	Поява інтелектуальних комп'ютерних програм високого рівня, що допомагають розв'язувати чисельні проблеми і орієнтуватись в морі інформації, а з часом і здійснювати низку рутинних операцій і виконувати їх за допомогою робототехнічних пристроїв
Генетичне конструювання	Генетично змінені організми
Нова медицина	Комп'ютеризоване медичне обслуговування
Альтернативні джерела енергії	При тому, що традиційні види палива – нафта, газ та вугілля – збережуть свою провідну роль у майбутньому, частка вітряної, геотермальної, водної, сонячної енергії, енергії біомаси та інших альтернативних джерел зросте від 10% усієї споживаної енергії сьогодні до приблизно 30 % до 2015 р.
Інтелектуальні мобільні роботи	Наступне покоління промислових роботів буде спроможне сприймати оточуюче середовище, приймати складні рішення і самонавчатись

Джерело: сформовано автором на основі [60]

Крім того, у 2008–2012 рр. фахівці російських Центру макроекономічного аналізу і короткострокового прогнозування (ЦМАКП) також провели аналіз основних сценаріїв розвитку світової економіки до 2030 р. і виокремили інваріантне ядро, що створює технологічний мейнстрім у найближчі роки, який включає: (1) зростання енергоефективності у користувачів і підвищення екологічних характеристик використання енергії; (2) вдосконалення у сфері

енергетики, зокрема розробку АЕС четвертого покоління; (3) розвиток матеріалознавства, включаючи нанотехнології; (4) активізацію біомедичних досліджень; (5) розгортання гонки озброєнь, насамперед в аерокосмічній сфері, включаючи створення винищувачів п'ятого покоління (у США, Росії, Китаї), ударних безпілотних систем, комплексну інформатизацію і роботизацію поля бою [68, с. 20-27]. Зокрема, у цих дослідженнях підкреслено, що суттєвою особливістю прогнозованого періоду до 2030 р. буде поява і вибухове розповсюдження у світовому виробництві так званих *wild cards*-технологій, що приведуть до появи нових продуктів, спроможних кардинально змінити структуру відповідних ринків. Напрямами, за якими слід очікувати сьогодні технологічний ривок, є такі: (1) екологічно прийнятні гібридні двигуни внутрішнього згорання; (2) екологічне житло; (3) низка військових технологій (літаки п'ятого покоління, безпілотні літальні апарати, інформатизація полю бою тощо); (4) нанотехнології [68, с. 18].

Фахівці ЦМАКП визначили шість предметних областей глобальних технологій, які сьогодні виступають пріоритетними для більшості розвинених країн, а саме: (1) медицина; (2) енергетика; (3) транспорт; (4) ІКТ; (5) нанотехнології; (6) передові виробничі системи [69, с. 13–15]. При цьому саме в енергетиці очікується максимальний макроекономічний ефект. Оцінка найбільш перспективних виробничих технологій для розвинених країн і Росії також була зроблена у 2013–2014 рр. фахівцями Сколковського інституту науки і технологій на основі аналізу ЦМАКП [37; 70, с. 43].

У табл. В.5 Додатка В наведено результати аналізу фахівців ЦМАКП щодо основних «закриваючих» технологій (*wild cards*), реалізація яких очікується у 2020–2030 рр. [68, с. 22–24; 69, с. 13–14].

У 2015 р. групою українських фахівців-експертів під керівництвом академіка М. Згуровського, у яку увійшли 25 осіб з досвідом роботи на найвищому рівні урядування або з досвідом створення системного бізнесу міжнародного та загальнонаціонального масштабу (колишні і діючі урядовці України, засновники та власники великих компаній, вчені, громадські та державні діячі) – так звана група А, а також Міжнародної ради з науки (ICSU); Комітету із системного аналізу при Президії НАН України; Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»; Інституту прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світового центру даних з геоінформатики та сталого розвитку було підготовлено «Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки)», в якому виконано узагальнення передбачень головних складових шостого технологічного укладу до 2020–2025 рр., що наведено у табл. 1.17 [31; 71, с. 24; 57–66; 72–77].

Таблиця 1.17

Передбачення головних складових шостого технологічного укладу до 2030 року
(Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий
(2020–2030 роки) за 2015 р.)

Експертна група / технології 6-го укладу	ISCU, UNIDO, University of Oxford, NISTEP, ICTAS HLG-KET	«The Global Technology Revolution, In-Depth Analyses», «20 forecasts for 2010–2025», «Scenarios for future scientific and technological development countries 2005–2015»	Експертна робота Статистичного управ-ління США (U.S.Bureau of the Census)	Аналіз біржової діяльності
Наука про життя	Телемедицина, нанобіологія, біологічно імітуючі імплантати, стовбурові клітини		–	телемедицина
Біотехнології	Біотехнології, генетично модифіковані організми (ГМО), синтетичні речовини		–	ГМО
Нові енергетичні технології	Енергетика, альтернативна енергетика та ресурси, ядерні енергетичні системи, системи водневої енергетики		Атомні технології	–
Нанотехнології та нові матеріали	Функціональні наноструктури, нановимірювання і аналізування, композиційні матеріали		–	–
Інформаційно-комунікаційні технології	Хмарні технології, глобальний бездротовий Інтернет, пошукові сервіси, дистанційний контроль, промисловий контроль, бізнес-додатки, кабельні технології, супутникові технології			
Радіоелектроніка	–	Кремнієва, біо-, молекулярна, органічна та фотонна радіоелектроніка, цифрова та аналогова електроніка		
Робототехніка	–	Робототехніка і технології штучного інтелекту		–
Новітні промислові технології	Цифровий будинок, текстиль з унікальними характеристиками (інженерія багатofункціональних тканин), роботизовані безпілотні транспортні засоби, енергетичне обладнання для нетрадиційних джерел енергії, харчова промисловість на основі новітніх технологій			
Аерокосмічні технології	–	Дослідження космосу, моніторинг Землі, безпілотні аерокосмічні технології		–
Транспортні та логістичні технології	–	Технологія нової транспортної системи та безпеки дорожнього руху, автоматичні (безпілотні) транспортні пристрої, логістичні термінали		
Рециркуляційні технології	Системи рециркуляції води, повторне використання відходів		–	–
Технології поширення знань	Система управління та виробництва знань, резервування масивів даних, запобігання стихійним лихам та їх попередження		–	–
Соціокультурні технології	Передові виробничі технології для розвитку соціальної інфраструктури		–	–

Джерело: [31, с. 24; 71, с. 24; 72–77]

Узагальнюючи експертні оцінки фахівців UNIDO, NACFAM, HLG-KET, RAND, MIT, IDA, NIST, ЦМАКП, Сколківського інституту науки і технологій та багатьох інших, проведемо порівняння пріоритетів передових виробничих технологій у США, ЄС, Китаї і Росії, що наведені у табл. 1.18.

Таблиця 1.18

Порівняння пріоритетів в області передових виробничих технологій у США, ЄС, Китаї і Росії у 2015–2030 рр.

Європейський Союз	США	Китай	Росія
<ul style="list-style-type: none"> ▪ сучасні матеріали; ▪ промислові біотехнології; ▪ мікро- та наноелектроніка; ▪ нанотехнології і фотоніка; ▪ адаптивні і розумні виробничі системи; ▪ цифрове, віртуальне та ресурсоефективне виробництво; ▪ мобільні та спроможні кооперуватися підприємства (мережеве виробництво та динамічні виробничі ланцюжки); ▪ «людноцентричне» виробництво; ▪ виробництво, орієнтоване на споживача 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ сенсори, вимірювання і контроль процесів; ▪ сучасний дизайн матеріалів, технології синтезу і обробки; ▪ технології візуалізації, інформатика і цифрове виробництво; ▪ сталі (раціональне) виробництво; ▪ промислові нанотехнології; ▪ виробництво гнучкої електроніки; ▪ виробничі біотехнології і біоінформатика; ▪ 3D-друк; ▪ сучасне виробництво і обладнання для тестування (контролю якості); ▪ промислова робототехніка; ▪ сучасні технології формування і з'єднання 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ІТ-індустрія нового покоління; ▪ біоінженерія; ▪ високопродуктивні технології і обладнання; ▪ сучасні матеріали; ▪ «розумні технології» 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ композитні матеріали (2015 р.); ▪ підвищення гнучкості виробничих ліній (до 2030 р.); ▪ технології 3D-проекування (до 2020 р.); ▪ інтернет речей (до 2030 р.); ▪ промислове виробництво вуглецевих нанотрубок (до 2030 р.); ▪ роботи-андроїди (до 2030 р.)

Джерело: сформовано автором на основі [31, с. 43; 37; 39; 41]

З наведених вище результатів дослідження щодо визначення пріоритетів розвитку науки та техніки можна зробити висновок, що сьогодні практично всі розвинені держави світу (США, Євросоюз, Японія), нові індустріальні країни (Південна Корея, Китай, Індія), а також країни, що розвиваються, зокрема Росія, вбачають у конвергентних технологіях (наприклад, таких як NBIC-технології) один з ключових інструментів, за допомогою якого можна буде вирішити у недалекому майбутньому основні *глобальні проблеми людства*. Як наслідок, в умовах докорінних змін, як несе за собою асоціація України з Європейським Союзом, вкрай актуальним стає питання оцінки моделювання

і потенціалу науково-технічного розвитку науки та можливостей розвитку передових виробничих технологій в Україні.

Висновки до розділу 1

1. На сьогодні, коли людство стикнулося з цілою низкою глобальних проблем, діяльність держави та суспільства має бути спрямована на вирішення цих проблем, основні з яких (що відносяться до матеріальної сфери) доцільно поєднати у чотири групи: (1) депопуляція і старіння населення; (2) нестача продовольства та вичерпання запасів низки видів сировини; (3) екологічні проблеми, нестача низки видів паливної енергетика та енергозбереження; (4) уповільнення науково-технічного прогресу і відставання від провідних країн у переході до нового технологічного укладу.
2. Запропоновано авторське бачення концепції періодизації, яка пов'язує у цілісну картину економічні, технологічні та соціально-політичні фактори розвитку, а також характеризує структуру шостого технологічного укладу. Ключовим фактором ядра буде стан конвергенції NBIC-технологій. Ядро нового шостого ТУ сформує такі галузі, як: наноматеріали і матеріали для ростових технологій, наноелектроніка та нанофотоніка, скануюча нанотехніка, наносистемна техніка, нанофабрики та 3D-друк, генна інженерія, молекулярні біотехнології, хмарні обчислення і багатомірне моделювання, інтернет речей, штучний інтелект. Носійними галузями будуть: медицина і фармацевтика; агропродовольчий комплекс на основі нанобіотехнологій; мікроелектроніка, робототехніка; інформаційно-комунікаційна галузь; освіта та науково-практичні дослідження; нова ядерна і термоядерна енергетика; відновлювальна енергетика; авіабудування і ракетно-космічний комплекс; автомобілебудування, судно- і верстатобудування; хімічно-металургійний комплекс.
3. Запропоновано авторське бачення змісту нової промислової революції (терміна, що сьогодні широко вживається західними вченими одночасно з поняттям «технологічний уклад» для періодизації хвиль інноваційного розвитку), яка включає органічне поєднання конвергенції NBIC-технологій з ключовими факторами «Індустрії 4.0», що передбачає посилену інтеграцію «кіберфізичних систем» (або CPS) у виробничі процеси. Ці технології «Індустрії 4.0», поєднуючи фактори Smart TEMP (T (technology) – розумні технології; E (environment) – розумне середовище; M (manufacturing) – розумне виробництво; P (products) – розумні

- продукти), створюють нові ринки та галузі, сприяють зростанню продуктивності праці, підвищенню конкурентоспроможності окремих секторів і національних економік. Узагальнюючи наведені аналітичні матеріали, слід констатувати, що сьогодні передові виробничі технології – це 3D-друк, хмарні технології, «Інтернет речей», нові матеріали, робототехніка.
4. Запропоновано авторське бачення і схему вирішення глобальних проблем людства, що передбачає чотири основні напрямки й інструменти для: (1) подолання *глобальної проблеми уповільнення науково-технічного прогресу* на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра для розвитку й поширення системи передового виробництва Smart TEMP; (2) подолання *проблеми депопуляції і старіння населення* за рахунок: задоволення біофізичних потреб людини (нової медицини й охорони здоров'я); реалізації когнітивних потреб людини (штучний інтелект, віртуальна інтеграція тощо); нового технологічного оточення людини (робототехніка, сенсори, мережі); трансформації системи державного управління, задоволення на новому рівні морально-етичних потреб; (3) подолання *глобальної проблеми нестачі продовольства і вичерпання ресурсів* шляхом: розвитку глобальних аграрних технологій (генна інженерія, молекулярні біотехнології); створення нових розумних агро-виробництв і переробки; розробки і поширення нових матеріалів для ростових технологій і 3D-друку; когнітивного управління агропродовольчою сферою і ресурсами; (4) подолання *екологічних проблем і створення нової енергетики* за рахунок: глобальних планетарних технологій (космос, океан, клімат, інфраструктура); нових енергетичних принципів побудови виробництва, безвідходних технологій; альтернативних джерел енергії; когнітивного управління навколишнім середовищем; (5) комплексного вирішення біофізичних, продовольчих, ресурсних, екологічних і енергетичних проблем людства як фундаменту для *подальшого соціального прогресу людства*, що відкриває можливості подолати глобальні виклики і створити нові соціальні цінності і потреби.
5. Доведено, що основними трендами у вирішенні глобальних проблем людства на основі конвергенції знань, технологій і суспільства з використанням NBIC-технологій як фундаментальних інструментів і поширення системи передового виробництва Smart TEMP є такі: (1) розвиток і впровадження конвергентних технологій і створення передових виробництв Smart TEMP; (2) посилення фізичного та когнітивного потенціалу людини через конвергенцію NBIC-технологій та платформи людського виміру; (3) досягнення більш високої соціальної продук-

- тивності й економічної ефективності за рахунок конвергенції NBIC-технологій, Smart TEMP і соціального управління; (3) підтримка сталої якості життя людства через конвергенцію платформ земного та людського виміру; (4) розширення завдяки конвергенції права та можливостей індивідів і їх груп на комплексну освіту, використання спіральної мережі творчого потенціалу й інноватики; (5) вдосконалення соціального прогресу через інтеграцію методів конвергенції, етичних аспектів, залучення громадян і влади задля відповідального розвитку нової моделі державності.
6. Аналіз структури світового та українського експорту високотехнологічної продукції свідчить *про невідповідність структури українського експорту високотехнологічної продукції світовій структурі*. При цьому частка загального експорту високотехнологічної продукції України на світовому ринку в 2014 р. склала 0,07 %, в тому числі в авіакосмічній галузі – 0,38 %, в фармацевтичній – 0,05 %, в галузі конторського обладнання – 0,01 %, комунікаційного обладнання – 0,06 % та приладобудування – 0,02 % (тобто практично мізерні обсяги). Що стосується частки експорту високотехнологічної продукції в загальному експорті товарів, то в 2014 р. в Україні вона склала 4,07 % проти загальносвітового показника 17,5 %. Таким чином, Україна катастрофічно відстає від країн-лідерів на ринку високотехнологічної продукції, і розрив цей продовжує збільшуватися на протязі 2012–2014 рр. Для збільшення виробництва і експорту високотехнологічного обладнання потрібно виділити технологічні пріоритети відповідно до світових тенденцій і вкладати кошти тільки у цих напрямках, а сьогодні реально почати купувати вже готові розробки та патенти і виробляти високотехнологічну продукцію (як це роблять Китай і Казахстан), для чого потрібні суттєві інвестиції.
7. Доведено, що у країнах-лідерах у своїх регіональних угрупованнях існує тісний зв'язок між пріоритетами науково-технічних досліджень, інноваційних розробок і передовими виробничими технологіями. При цьому починаючи з 2013–2014 рр. практично у всіх цих країнах прийняті державні програми підтримки такого взаємозв'язку, що підкріплено відповідним фінансуванням переважно саме таких конвергентних проектів і технологій;
8. Встановлено, що найбільш перспективними сьогодні з точки зору споживача є такі технології, як: (1) фотоніка; (2) біотехнології; (3) нанотехнології; (4) мікротехнології; (5) ІКТ у виробничих системах; (6) передові матеріали; (7) адитивне виробництво; (8) енергетичні

і технології навколишнього середовища. Ці технологічні області мають багатопрофільний і міждисциплінарний характер, а їх розвиток приводить до проривів у фізиці, хімії, матеріалознавстві і біології, а також зближує ці дисципліни. Вони пов'язані з високою інтенсивністю знань, високими витратами на науково-технічні дослідження, пришвидшеними інноваційними циклами, високими капітальними витратами і висококваліфікованою працею. Крім того, ці технології мають системну значущість, міждисциплінарний і наскрізний характер у багатьох областях із тенденцією до конвергенції.

9. Показано, що в Україні необхідно оцінити інноваційний потенціал і провести моделювання сценаріїв науково-інноваційного розвитку економіки з метою визначення загальнодержавних пріоритетів у сучасних умовах і сконцентрувати обмежені кошти бюджетних коштів на тих найважливіших напрямках, які повинні вирішувати глобальні та специфічні проблеми, що стоять перед країною сьогодні.



Оцінка та моделювання науково-інноваційного розвитку економіки України

2.1. Методичний підхід і оцінка інноваційного потенціалу України

В умовах посилення глобалізаційних процесів і стрімкого розвитку науково-технічного прогресу у світі, розвиток інновацій технологій сприятиме прямому та опосередкованому вирішенню проблем соціальної, економічної та екологічної ситуацій в країнах на всіх рівнях – від індивідуального до глобального. Виходячи з цього, в роботі пропонується провести порівняльний аналіз інноваційного розвитку України та країн ЄС, ґрунтуючись на показниках щорічного рейтингу «The Global Innovation Index» Корнельського університету, Французької бізнес-школи та дослідного інституту (INSEAD), Світової організації інтелектуальної власності (WIPO) [78] та офіційної статистики ЄС [79].

Вказане дослідження передбачає визначення умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн на основі рівня розвитку освітнього й інституційного потенціалів країн та його зіставлення з умовами та результатами реалізації – потенціалу НДДКР і комерційної реалізації потенціалу країн.

Оцінка умов створення та рівня інноваційного потенціалу досліджуваних країн здійснюється через аналіз показників, що характеризують фінансові та технологічні передумови отримання освіти, належне інституційне управління, захист і стимулювання інвестицій, рівень і якість отриманої освіти, рівень кваліфікації фахівців, якість та спроможність до інновацій. На рис. 2.1 наведено структурну схему оцінки умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн [80].

Оцінка умов і реалізації інноваційного потенціалу досліджуваних країн здійснюється через аналіз показників, що характеризують фінансові, технологічні та людські ресурси реалізації створеного інноваційного потенціалу країн. Результати реалізації створеного потенціалу оцінюються через рівень і якість патентної активності агентів країни та доходів від неї, впровадження інновацій у комерційну діяльність та її результати. На рис. 2.2 наведено структурну схему оцінки умов і реалізації інноваційного потенціалу країн [80].



Рис. 2.1. Структурна схема оцінки умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн

Джерело: сформовано автором

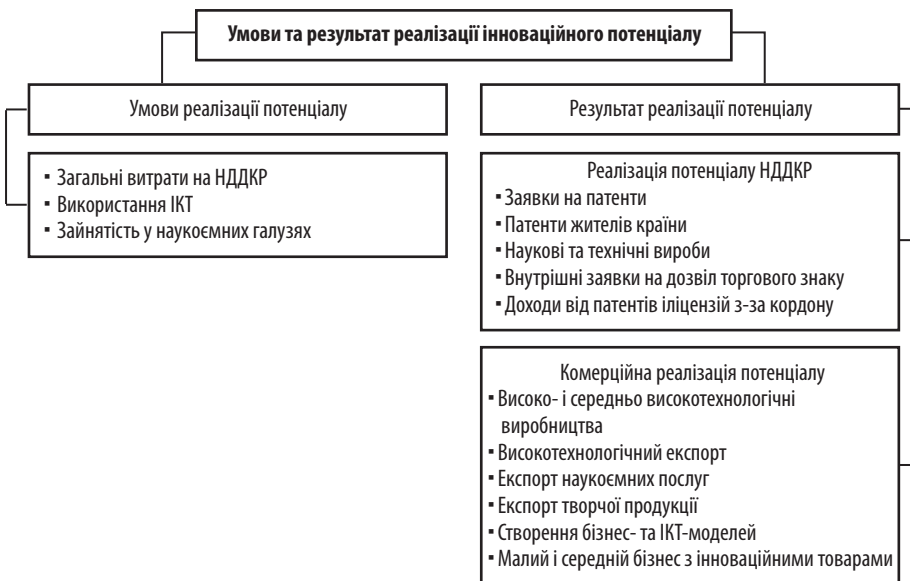


Рис. 2.2. Структурна схема оцінки умов і реалізації інноваційного потенціалу країн

Джерело: сформовано автором

Для розрахунку інтегральних показників застосовано адитивну методику згортки нормованих часткових показників на основі простої середньої, що використовуються для характеристики ієрархічного ряду компонент. Стандартизація часткових показників здійснювалася за формулою:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{\max j}}, \quad (2.1)$$

де z_{ij} – нормалізований j -й частковий показник i -ї країни;

x_{ij} – значення j -го часткового показника i -ї країни;

$x_{\max j}$ – максимальне значення j -го часткового показника.

Результати розрахунку інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн у 2014 рр. за наведеною вище методикою подано на рис. 2.3. Вихідні дані для розрахунку інтегрального показника та його складових подано у табл. Г.1. Додатка Г.

Як видно з рис. 2.3, серед країн, що аналізувалися, лідерами за значенням $I_{УСР}$ були Великобританія, Швеція та Данія. До країн, що мали найнижчий рівень $I_{УРС}$ відносилися Болгарія, Мальта та Хорватія. Україна за значенням інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу займала 19-те місце серед досліджуваних країн, випереджаючи Кіпр і поступаючись Польщі.

Результати розрахунку інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 р. за наведеною вище методикою подано на рис. 2.4. Вихідні дані для розрахунку інтегрального показника та його складових подано у табл. Г.2 Додатка Г.

З рис. 2.4 видно, що серед аналізованих країн лідерами за значенням $I_{УР}$ були Швеція, Фінляндія та Данія. До країн, що мали найнижчий рівень $I_{УР}$, відносилися Україна, Румунія та Болгарія. Україна за значенням інтегрального умов і реалізації інноваційного потенціалу займала останнє 28-ме місце серед досліджуваних країн.

На наступному етапі необхідно дослідити компоненти інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу країн.

Результати розрахунку компоненти «Умови створення інноваційного потенціалу» ($K_{ПСП}$) інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу досліджуваних країн у 2014 р. наведено на рис. 2.5.

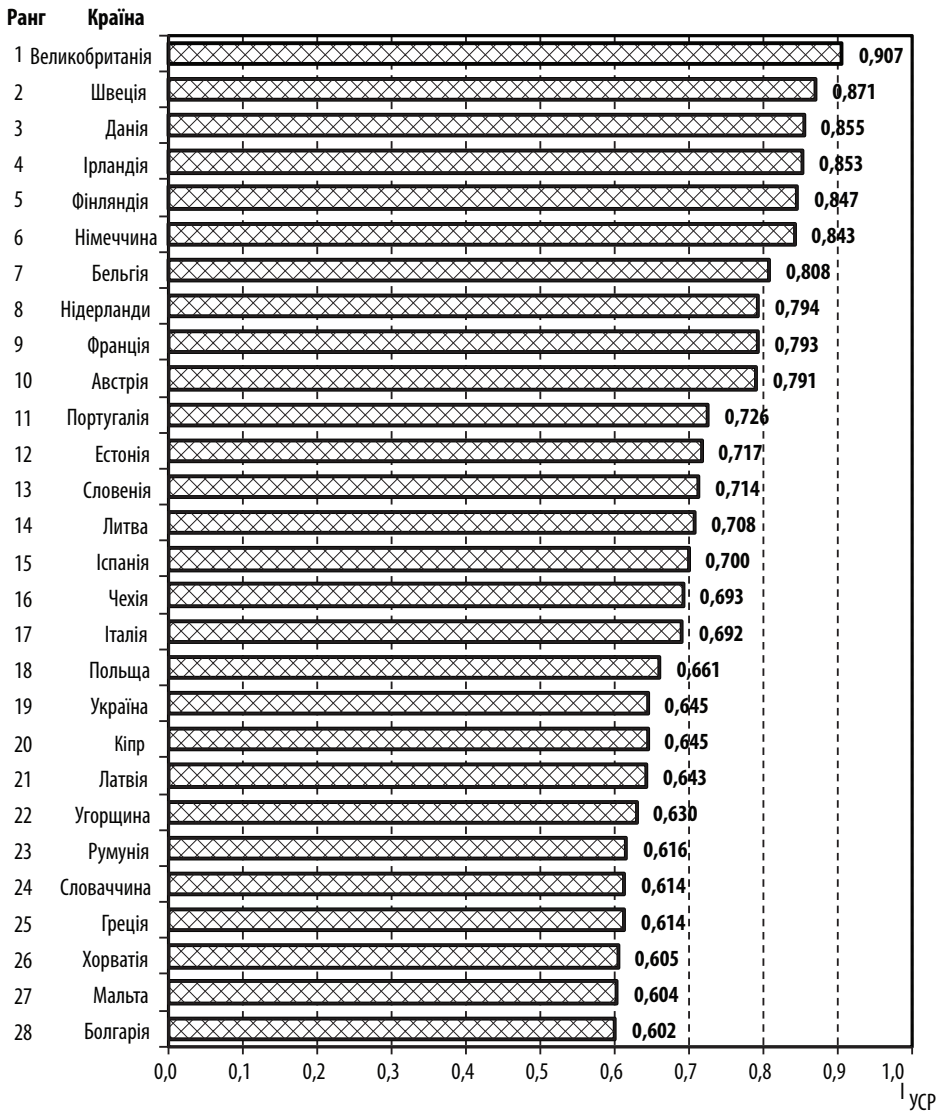


Рис. 2.3. Значення інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

З рис. 2.5 видно, що серед аналізованих країн лідерами за значенням $K_{УСП}$ були Великобританія, Ірландія та Данія. До країн, що мали найнижчий рівень $K_{УСП}$ відносилися Хорватія, Греція та Словаччина. Україна за значен-

ням компоненти «Умови створення інноваційного потенціалу» інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу займала 24-те місце серед досліджуваних країн, випереджаючи Угорщину та поступаючись Болгарії.

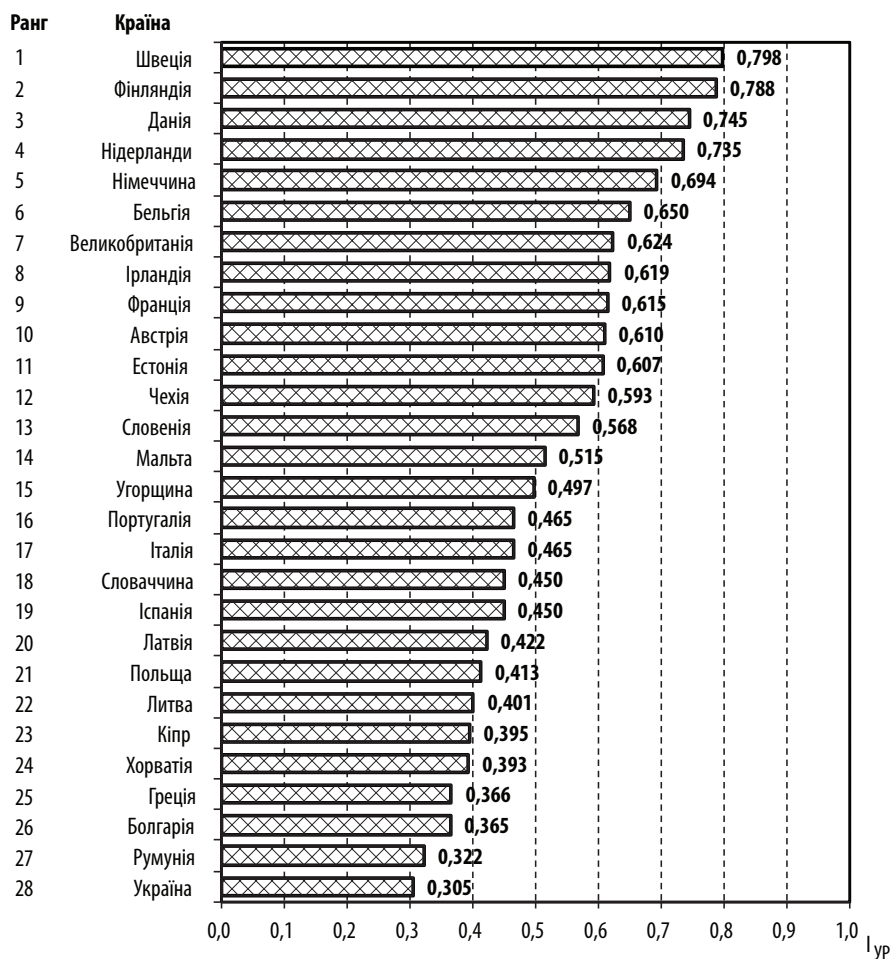


Рис. 2.4. Значення інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

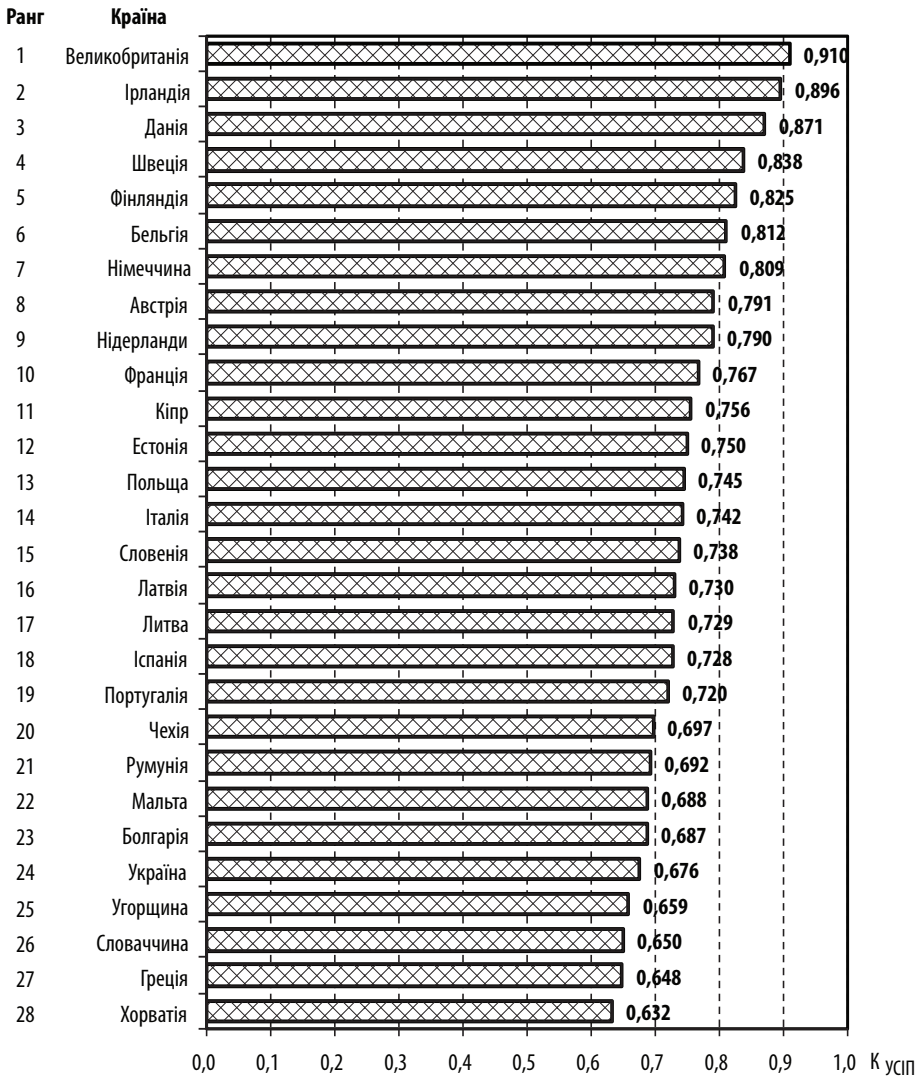


Рис. 2.5. Значення компоненти «Умови створення інноваційного потенціалу» показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу аналізованих країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

Результати розрахунку компоненти «Рівень інноваційного потенціалу» ($K_{РВИП}$) інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу досліджуваних країн у 2014 р. наведено на рис. 2.6.

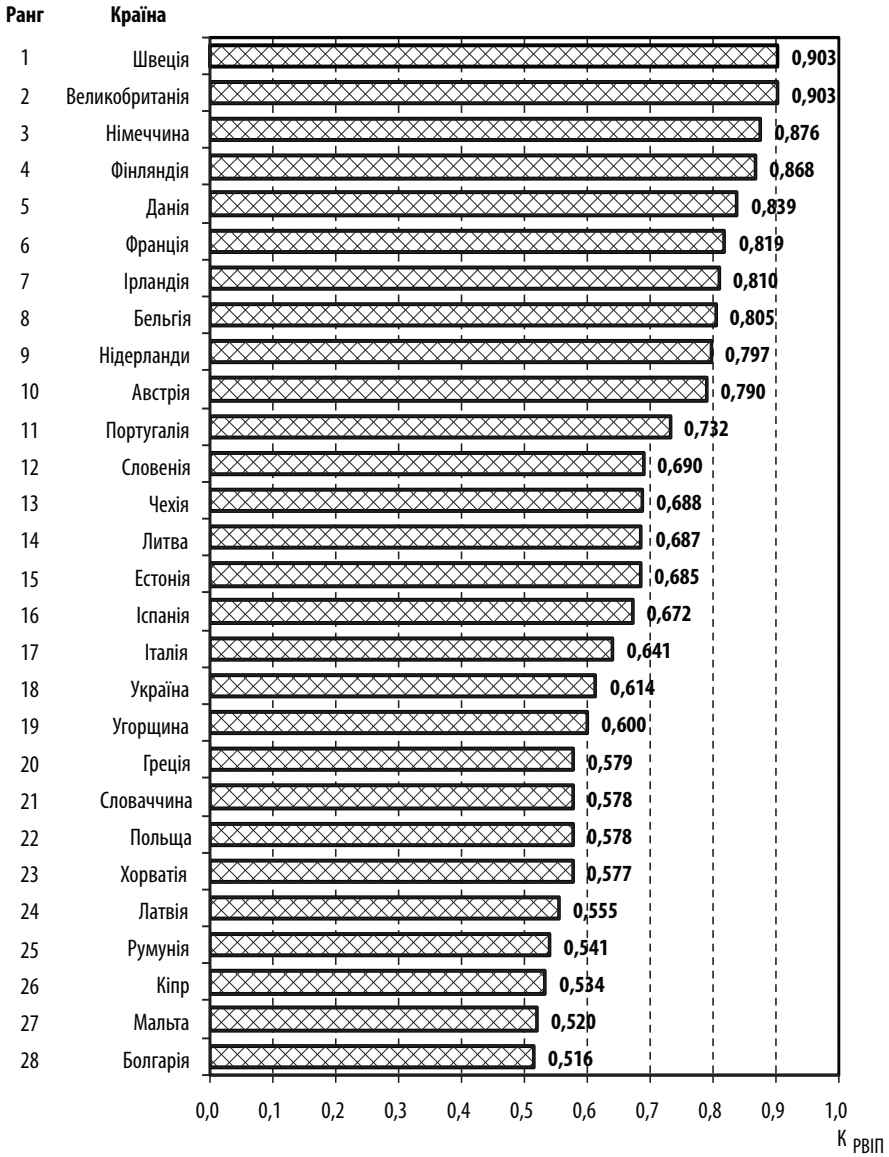


Рис. 2.6. Значення компоненти «Рівень інноваційного потенціалу» показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу аналізованих країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

Як видно з рис. 2.6, серед аналізованих країн лідерами за значенням $K_{РВП}$ були Швеція, Великобританія та Німеччина. До країн, що мали найнижчий рі-

вень $K_{РВІП}$ відносилися Болгарія, Мальта та Кіпр. Україна за значенням компоненти «Рівень інноваційного потенціалу» інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу займала 18-те місце серед досліджуваних країн, випереджаючи Угорщину та поступаючись Італії.

Результати розрахунку компоненти «Умови реалізації інноваційного потенціалу» ($K_{УРІП}$) інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу досліджуваних країн у 2014 р. наведено на рис. 2.7.

Як видно з рис. 2.7, серед аналізованих країн лідерами за значенням $K_{УРІП}$ були Швеція, Фінляндія та Данія. До країн, що мали найнижчий рівень $K_{УРІП}$ відносилися Румунія, Україна та Болгарія. Україна за значенням інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу займала передостаннє 27-ме місце серед досліджуваних країн.

Результати розрахунку компоненти «Реалізація інноваційного потенціалу» ($K_{РЗІП}$) інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу досліджуваних країн у 2014 р. наведено на рис. 2.8.

З рис. 2.8 видно, що серед аналізованих країн лідерами за значенням $K_{РЗІП}$ були Нідерланди, Фінляндія та Швеція. До країн, що мали найнижчий рівень $K_{РЗІП}$ відносилися Україна, Греція та Литва. Україна за значенням інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу займала останнє 28-ме місце серед досліджуваних країн.

Проведення зіставлення компонент інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу здійснено за допомогою методу кластерного аналізу (метод k -середніх). На рис. 2.9 наведено групування досліджуваних країн у три кластери залежно від компонент інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 році [81].

Проведена кластеризація (рис. 2.9) досліджуваних країн залежно від компонент інтегральних показників умов створення ($K_{УСІП}$) та рівня ($K_{РВІП}$) й умов ($K_{УРІП}$) і реалізації ($K_{РЗІП}$) інноваційного потенціалу дозволяє цілком однозначно їх класифікувати: перший кластер (В) – країни з потужними умовами створення, рівнем і ступенем реалізації інноваційного потенціалу; другий кластер (С) – із середніми умовами створення, рівнем і ступенем реалізації інноваційного потенціалу; третій кластер (Н) – з низькими умовами створення, рівнем і ступенем реалізації інноваційного потенціалу.

Класифікацію досліджуваних країн залежно від компонент інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу наведено у табл. 2.1.

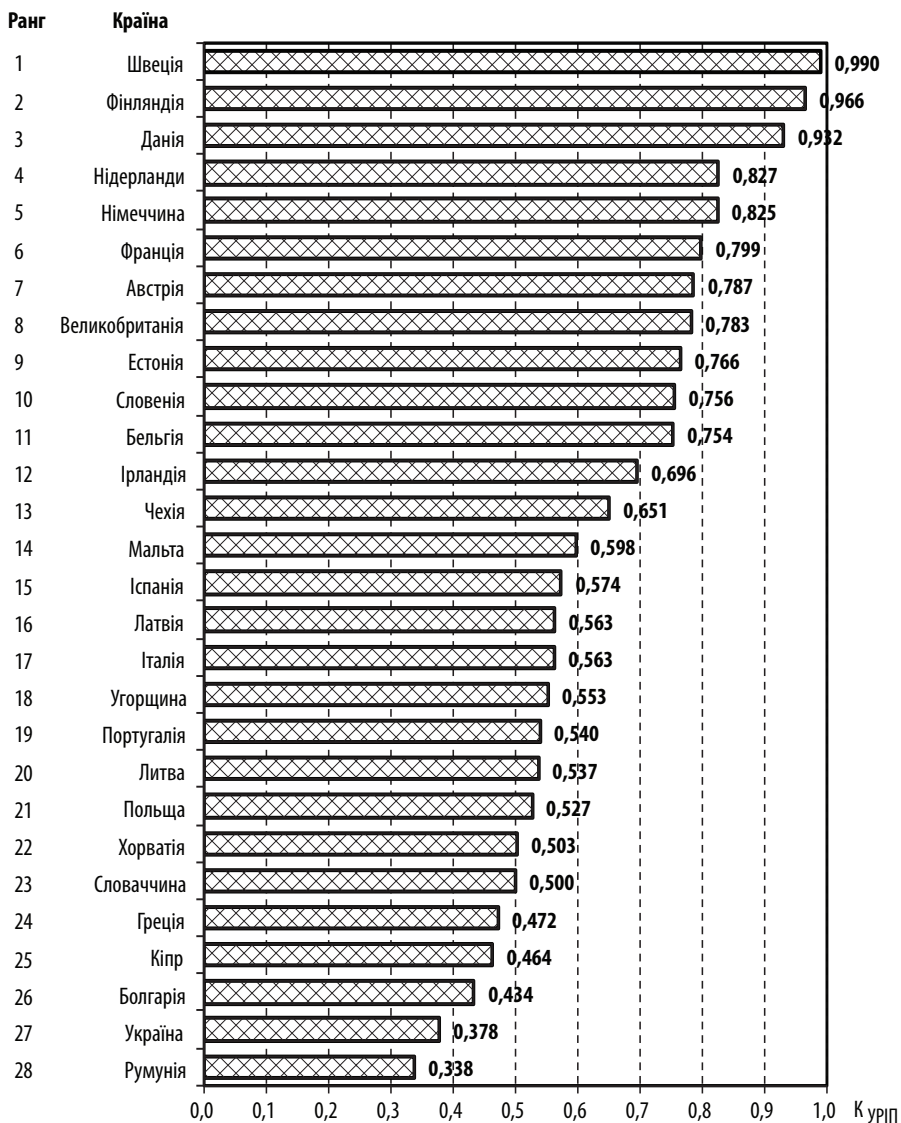


Рис. 2.7. Значення компоненти «Умови реалізації інноваційного потенціалу» показника умов та реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

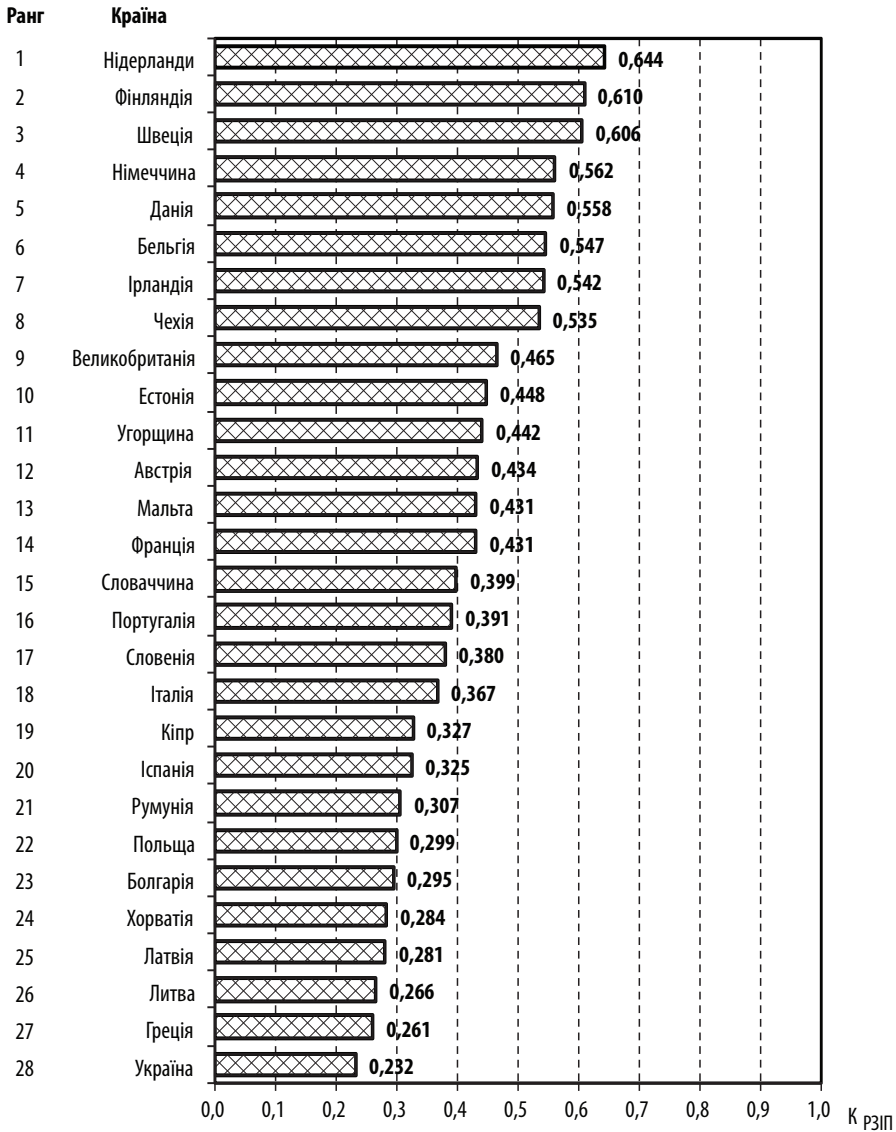


Рис. 2.8. Значення компоненти «Реалізація інноваційного потенціалу» показника умов і реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

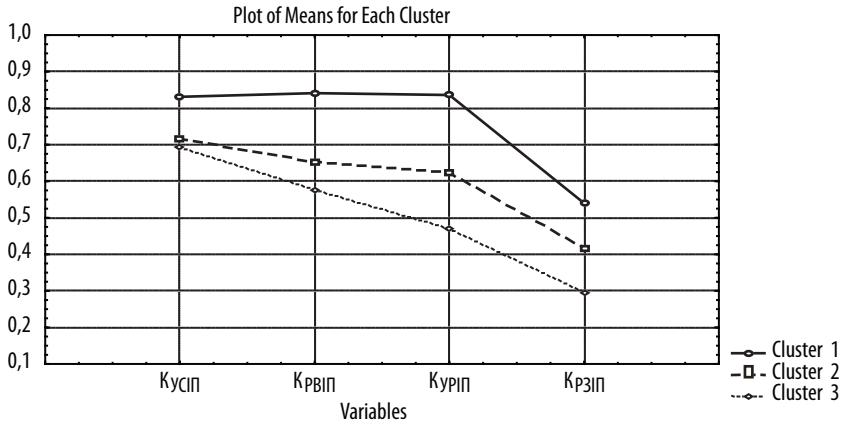


Рис. 2.9. Графік середніх значень характеристик компонент інтегральних показників досліджуваних країн у 2014 році

Джерело: сформовано автором

Як видно з табл. 2.1, кластерна структура досліджуваних країн за рівнем компонент інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу мала пропорційну структуру: до першого кластера відносилось 10 країн (35,71 %), до другого кластера відносилось 8 країн (28,57 %) та до третього кластера відносилось 10 країн (35,71 %), включаючи Україну [81].

Таблиця 2.1

Класифікація країн за рівнем компонент інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу

I кластер (B)	II кластер (C)	III кластер (H)
Австрія	Угорщина	Болгарія
Бельгія	Іспанія	Греція
Великобританія	Італія	Кіпр
Німеччина	Мальта	Латвія
Данія	Португалія	Литва
Ірландія	Словенія	Польща
Нідерланди	Чехія	Румунія
Фінляндія	Естонія	Словаччина
Франція		Хорватія
Швеція		Україна

Джерело: сформовано автором

Проведений структурний аналіз компонент та інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу країн показав доцільність подальшого розгляду цього економічного явища в площині «умови створення та рівень інноваційного потенціалу – умови і реалізація інноваційного потенціалу», що дає можливість більш об'єктивного аналізу цього явища та вироблення стратегічних напрямів розвитку країн в інноваційній сфері.

Дослідимо переваги та недоліки умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу України серед аналізованих країн і, зокрема, країн III кластера, до якого віднесено Україну. Для цього необхідно провести комплексний порівняльний аналіз часткових показників.

У табл. 2.2 наведено співвідношення значень компонент, елементів і часткових показників інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу України до відповідних середніх значень досліджуваних країн і до середніх значень кластера, в якому знаходиться країна.

Таблиця 2.2

Рівень компонент, елементів і часткових показників інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу України

Показник	Відношення до загального середнього		Відношення до середнього кластера	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг
1	2	3	4	5
<i>Умови створення та рівень інноваційного потенціалу</i>	0,895		1,015	
Умови створення інноваційного потенціалу	0,902	1	0,973	2
Умови створення освітнього потенціалу	0,914	2	1,013	2
Витрати на освіту	1,097	5	1,231	4
Очікувана тривалість навчання	0,951	7	1,016	8
Доступ до ІКТ	0,737	11	0,841	12
Умови створення інституційного потенціалу	0,889	3	0,932	4
Легкість одержання кредиту	1,209	2	1,093	6
Легкість захисту інвесторів	0,758	9	0,812	13
Розвиток кластерів	0,699	12	0,846	11
<i>Рівень інноваційного потенціалу</i>	0,887	2	1,067	1
Рівень освітнього потенціалу	1,032	1	1,207	1
Кількість населення з повною середньою освітою віком 20–24 роки	1,147	4	1,085	7

Закінчення табл. 2.2

1	2	3	4	5
Населення віком 30–34 роки з повною вищою освітою	1,083	6	1,126	5
Випускники в галузі науки та техніки	1,179	3	1,252	3
Нові випускники докторантури, кількість випускників 25–34 роки	1,438	1	1,732	2
Кількість дослідників	0,322	14	0,518	14
Рейтинг університетів	0,602	13	1,745	1
Рівень інституційного потенціалу	0,763	4	0,941	3
Якість науково-дослідних установ	0,756	10	0,928	10
Спроможність до інновацій	0,771	8	0,955	9

Джерело: сформовано автором

Як видно з табл. 2.2, позитивний вплив на рівень інтегрального показника умов створення та рівня інноваційного потенціалу в Україні відносно досліджуваних країн та кластера приналежності створювали такі часткові показники: «Нові випускники докторантури», «Випускники в галузі науки та техніки», «Витрати на освіту», «Кількість населення з повною середньою освітою віком 20–24 роки» та «Населення віком 30–34 роки з повною вищою освітою». До часткових показників цього інтегрального показника, що найменшою мірою сприяли його зростанню відносяться: «Кількість дослідників», «Розвиток кластерів», «Доступ до ІКТ», «Якість науково-дослідних установ» та «Легкість захисту інвесторів» [81].

У табл. 2.3 наведено співвідношення значень компонент, елементів і часткових показників інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу України до відповідних середніх значень досліджуваних країн і до середніх значень кластера, в якому знаходиться країна.

З табл. 2.3 видно, що позитивний вплив на рівень інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу в Україні відносно досліджуваних країн та кластера приналежності створювали такі часткові показники: «Внутрішні заявки на дозвіл торгового знаку», «Експорт наукоємних послуг» і «Зайнятість у наукоємних галузях». До часткових показників цього інтегрального показника, що найменшою мірою сприяли його зростанню, відносяться: «Малий і середній бізнес з інноваційними товарами», «Заявки на патенти», «Патенти жителів країни», «Наукові та технічні вироби» та «Високотехнологічний експорт».

У табл. 2.4 за результатами дослідження складено порівняльну матрицю умов створення, рівня і умов реалізації інноваційного потенціалу України.

Таблиця 2.3

Рівень компонент, елементів і часткових показників інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу України

Показник	Відношення до загального середнього		Відношення до середнього кластера	
	Значення	Ранг	Значення	Ранг
	0,574		0,796	
<i>Умови реалізації потенціалу</i>	0,586	1	0,802	1
Загальні витрати на НДДКР	0,450	6	1,036	4
Використання ІКТ	0,321	9	0,419	10
Зайнятість у наукоємних галузях	0,884	3	1,011	5
<i>Реалізація інноваційного потенціалу</i>	0,557	2	0,786	2
Реалізація потенціалу НДДКР	0,600	1	0,913	1
Заявки на патенти	0,058	13	0,419	12
Патенти жителів країни	0,145	10	0,636	9
Наукові та технічні вироби	0,376	7	0,512	10
Внутрішні заявки на дозвіл торгового знаку	1,406	1	1,285	1
Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону	0,101	12	1,220	2
Комерційна реалізація інновацій	0,533	2	0,724	2
Експорт наукоємних послуг	1,001	2	1,133	3
Високо- і середньо- високотехнологічні виробництва	0,584	5	0,861	7
Високотехнологічний експорт	0,366	8	0,717	8
Створення бізнес- та ІКТ-моделей	0,753	4	0,865	6
Малий і середній бізнес з інноваційними товарами	0,049	14	0,082	14
Експорт творчої продукції	0,256	10	0,279	13

Джерело: сформовано автором

Квадранти матриці побудовано за таким принципом: квадрант «Високий (УСР) – Високий (УР)» складають часткові показники, значення яких перевищують середні значення досліджуваних країн та кластера, до якого віднесено Україну; квадрант «Низький (УСР) – Низький (УР)» – значення часткових показників не перевищують середні значення досліджуваних країн і відповідного кластера; «Низький (УР) – Високий (УСР)» – значення часткових показників не перевищують середні значення досліджуваних країн і перевищують середні значення кластера, до якого віднесено Україну [81].

Таблиця 2.4

Порівняльна матриця умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу України

		Умови створення та рівень інноваційного потенціалу	
		Низький (УСР)	Високий (УСР)
Умови і реалізація інноваційного потенціалу	Високий (УР)		<p><i>Передумови створення</i></p> <p>Витрати на освіту; Легкість одержання кредиту</p> <p><i>Рівень</i></p> <p>Нові випускники докторантури; Випускники в галузі науки і техніки; Кількість населення з повною середньою освітою віком 20–24 роки; Населення віком 30–34 роки з повною вищою освітою</p> <p><i>Реалізація</i></p> <p>Внутрішні заявки на дозвіл торгового знаку; Експорт наукоємних послуг</p>
	Низький (УР)	<p><i>Рівень</i></p> <p>Спроможність до інновацій; Якість науково-дослідних установ; Доступ до ІКТ; Легкість захисту інвесторів; Розвиток кластерів; Кількість дослідників</p> <p><i>Передумови реалізації</i></p> <p>Використання ІКТ</p> <p><i>Реалізація</i></p> <p>Створення бізнес- та ІКТ-моделей; Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва; Високотехнологічний експорт; Наукові та технічні вироби; Патенти жителів країни; Експорт творчої продукції; Заявки на патенти; Малий і середній бізнес з інноваційними товарами</p>	<p><i>Передумови створення</i></p> <p>Очікувана тривалість навчання</p> <p><i>Рівень</i></p> <p>Рейтинг університетів</p> <p><i>Передумови реалізації</i></p> <p>Зайнятість у наукоємних галузях; Загальні витрати на НДДКР</p> <p><i>Реалізація</i></p> <p>Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону</p>

Джерело: сформовано автором

Як видно з табл. 2.4, Україна має небагато відносних переваг інноваційного потенціалу, що характеризують фінансове забезпечення освітнього потен-

ціалу, рівень і якість освіченості населення, внутрішню патентну активність населення та експорт наукоємних послуг.

Ще менше потенційних відносних переваг інноваційного потенціалу України складають характеристики тривалості навчання, якості університетської освіти, фінансування та зайнятості у сфері НДДКР й доходів від винахідницької діяльності.

Найбільшу частку характеристик інноваційного потенціалу України складають відносні недоліки, що відносяться до чисельності дослідників та якості науково-дослідних установ, доступу, використання та практичної реалізації ІКТ, загальної патентної активності населення, розвитку інноваційних кластерів, створення науково-технологічних виробництв і продуктів, експорту високотехнологічної та творчої продукції, виробництва інноваційної продукції малими та середніми підприємствами, правового захисту.

Таким чином, проведений об'єктивний порівняльний аналіз характеристик інноваційного потенціалу України показав відносно низький рівень його створення та реалізації, виявив його відносні переваги та недоліки. Отримані в ході комплексного порівняльного аналізу результати та висновки є об'єктивною характеристикою стану інноваційного потенціалу України й можуть бути використані для розробки сценарного моделювання системи та визначення прийнятної стратегії розвитку в цій сфері.

2.2. Імітаційна модель науково-інноваційного розвитку України

Дослідження взаємозв'язку між окремими показниками науково-технічної діяльності та між ними і рівнем ВВП на душу населення (або національного доходу) постійно є предметом аналізу, який здійснюють світові організації при визначенні рівнів розвитку країн [78; 82; 83]. Переважно використовуються однофакторні економетричні моделі, які показують наявність у глобальному масштабі позитивного взаємозв'язку між рівнем ВВП і рівнем розвитку науки та техніки. Наявність великої кількості країн у вибірці та велика диференціація країн забезпечує високу якість отриманих моделей як у глобальному масштабі, так і по окремих достатньо великих групах [78]. У більшості цих досліджень рівень ВВП розглядається як факторна змінна, що виправдано лише частково. Проте ВВП як узагальнюючий показник розвитку економіки є результатом здійснення усіх видів діяльності у країні, у тому числі й науково-технічної. Тому варто розглядати і зворотні зв'язки, тобто визначати вплив рівня розви-

тку освіти, науки та техніки на ВВП. Але такі дослідження у рамках світових рейтингів не здійснюються.

Також одним із корисних і часто застосовуваних інструментів є кластерний аналіз, який використовується для визначення груп країн із подібними умовами та результатами науково-технічної діяльності. Найчастіше цей метод застосовується для виявлення подібних доходних груп.

Застосування однофакторних економетричних моделей не достатньо для виявлення усієї сукупності складних взаємозв'язків у системі науково-технічного розвитку та не дозволяє досліджувати можливості управління цим розвитком. Для таких досліджень найбільш придатним є метод імітаційного моделювання, зокрема, на основі концепції системної динаміки. Для цілей дослідження науково-технічного та інноваційного розвитку цей метод використовується не дуже часто [84–88]. Проте перевагою цього методу є те, що він спрямований на виявлення контурів зворотного зв'язку і забезпечує можливість здійснення імітаційних експериментів, які моделюють різні варіанти управління. Тому у дослідженні було обрано саме цей метод у поєднанні з економетричним моделюванням окремих взаємозв'язків.

Імітаційна модель побудована відповідно до структури виявлених зв'язків між складовими науково-освітнього й інституційного потенціалів і результатами науково-технічної та інноваційної діяльності [89].

Імітаційна модель складається з блоків, які моделюють формування освітнього й інституційного потенціалів, їх активізацію та результати використання. Структуру імітаційної моделі показано на рис. 2.10.

На рис. 2.11 показано діаграму причинно-наслідкових зв'язків імітаційної моделі.

Динаміка основних складових оцінки інноваційного та науково-технічного розвитку України визначається декількома контурами зворотного зв'язку, які є основою імітаційної моделі. Усього в імітаційній моделі сформувався 65 контурів зворотного зв'язку. Конттури містять від 3 до 10 змінних моделей і охоплюють весь процес від створення освітнього чи інституційного потенціалу до результатів науково-технічної та інноваційної діяльності. Два найдовші конттури зворотного зв'язку мають таку структуру:

ВВП на душу населення → Доступ до ІКТ → Індекс створення освітнього потенціалу → Кількість дослідників → Освітній потенціал → Якість науково-дослідних установ → Інституційний потенціал → Заявки на патенти → Патенти жителів країни → Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону → Результати НДДКР → ВВП на душу населення;

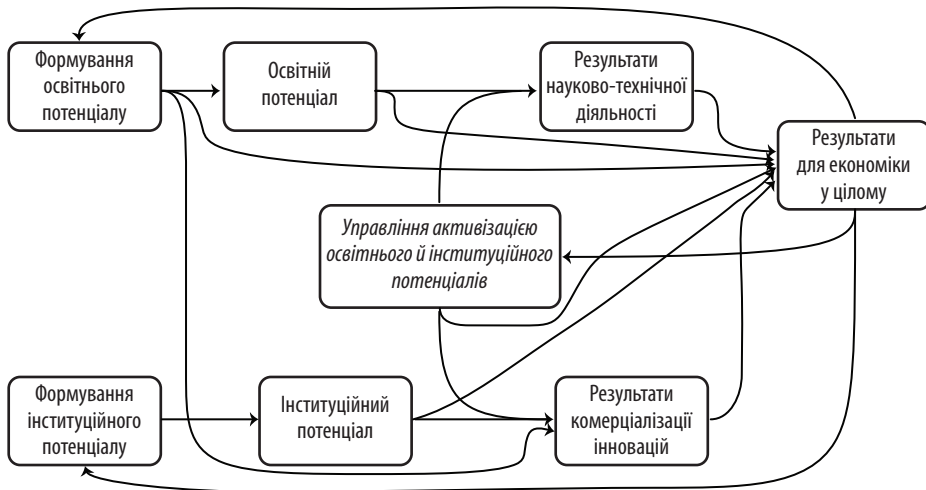


Рис. 2.10. Схема взаємозв'язку блоків імітаційної моделі науково-технічного й інноваційного розвитку України

Джерело: сформовано автором

ВВП на душу населення → Доступ до ІКТ → Індекс створення освітнього потенціалу → Кількість дослідників → Освітній потенціал → Якість науково-дослідних установ → Інституційний потенціал → Створення бізнес- та ІКТ-моделей → Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва → Високотехнологічний експорт → Результати комерціалізації інновацій → ВВП на душу населення [89].

Усі цикли в імітаційній моделі є контурами додатного зворотного зв'язку, що має призводити до поширення позитивних (негативних) тенденцій у моделі за принципом «снігової кулі».

Динаміка складових імітаційної моделі визначається побудованими економетричними моделями взаємозв'язків між показниками потенціалу та результатів науково-техніко-інноваційної діяльності. Вихідним положенням при побудові складових імітаційної моделі було припущення про необхідність орієнтації науково-технічної та інноваційної діяльності в Україні на кращу практику країн Європейського Союзу, зважаючи на підписання і часткове застосування з 01 січня 2016 р. Угоди про асоціацію України з ЄС. Тому для побудови економетричних моделей використовувалися дані країн ЄС та України за 2011–2013 рр. відповідно до Глобального інноваційного індексу 2012–2014 рр. та Евротабло за 2013–2015 рр. Через відставання статистичних даних, які використовуються для розрахунків міжнародних індексів, у моделі не включалися дані за останні два роки.

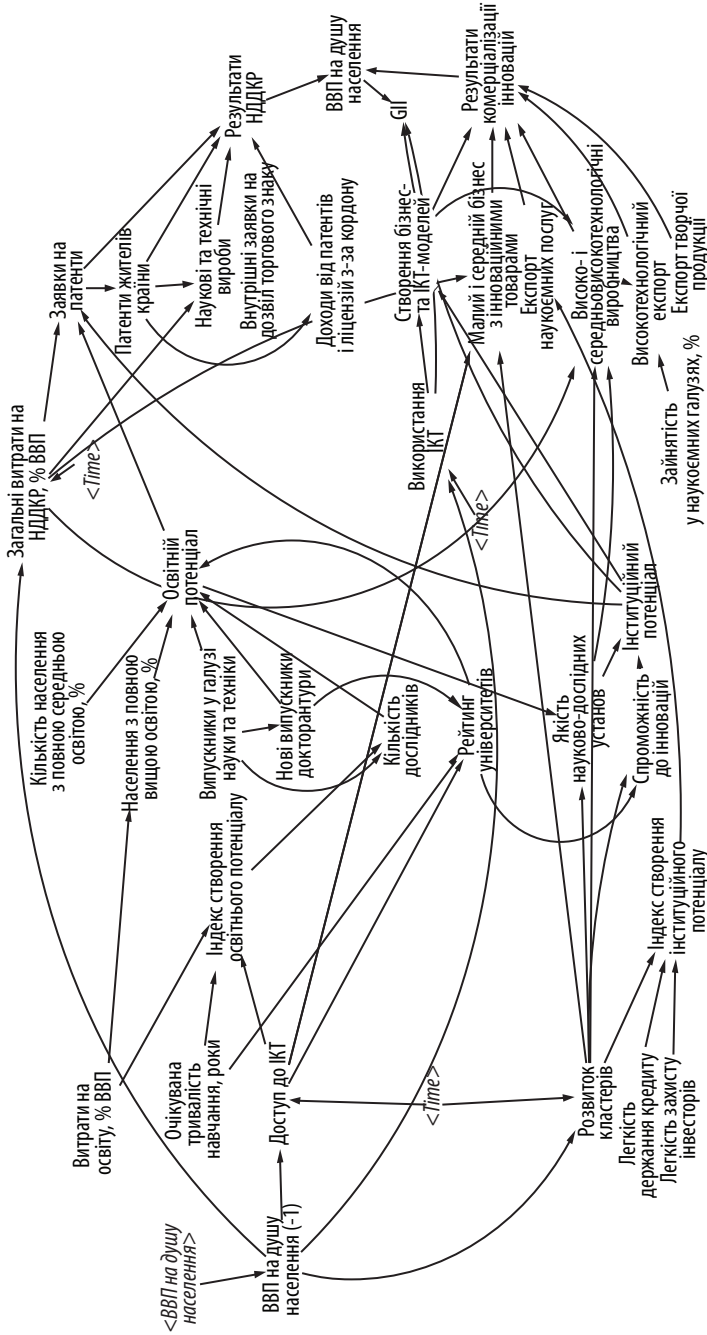


Рис. 2.1.1. Діаграма причинно-наслідкових зв'язків імітаційної моделі рівня науково-технічного розвитку України

Джерело: сформовано автором

Для оцінки параметрів та якості економетричних моделей взаємозв'язків використовувалася ППП Statistica 8.0. Оцінка якості моделей здійснювалася на основі коефіцієнта детермінації R^2 та середньоквадратичної похибки, а також критерію Стьюдента для оцінки статистичної значущості параметрів моделі з рівнем довірчої імовірності не нижче 0,05. При побудові моделей виключалися викиди, тобто спостереження, які значно відхиляються від загальної тенденції, тобто окремі країни. Відсоток видалених спостережень не перевищував 10 %.

Для побудови імітаційної моделі усі дані були приведені до відрізка від 0 до 1 діленням на максимальне значення за кожним показником. Для порівняння із статистичними даними до результатів імітаційних експериментів застосовувалося обернене перетворення.

Модель містить екзогенні змінні, які є керованими параметрами та можуть змінюватися у різних імітаційних експериментах. У основній структурі моделі вони виступають як константи. Константи в імітаційній моделі відповідають показникам України станом на 2013 р.

Для організації зворотних зв'язків у моделі використовуються значення ВВП на одну особу у попередньому році.

Система моделей блоку формування освітнього потенціалу містить два параметри, які відповідають за освітню політику країни, і одне рівняння:

$$\text{Витрати на освіту, \% ВВП} = 0,707;$$

$$\text{Очікувана тривалість навчання, роки} = 0,81;$$

$$\text{Доступ до ІКТ} = 0,6864 + 0,3152 \times \text{ВВП на душу населення} (-1), R^2=0,73.$$

$$\text{Індекс створення освітнього потенціалу} = (\text{Витрати на освіту, \% ВВП} + \text{Доступ до ІКТ} + \text{Очікувана тривалість навчання, роки})/3.$$

Блок «Освітній потенціал» включає такі рівняння:

$$\text{Кількість населення з повною середньою освітою, \%} = 1;$$

$$\text{Населення з повною вищою освітою, \%} = 0,7874 \times \text{LN}(\text{Витрати на освіту, \% ВВП}) + 1,11886, R^2=0,7;$$

$$\text{Випускники у галузі науки і техніки} = 0,92;$$

$$\text{Нові випускники докторантури} = 0,79 \times \text{Випускники у галузі науки та техніки}, R^2=0,48;$$

$$\text{Кількість дослідників} = -1,133 + 0,35 \times \text{Випускники у галузі науки та техніки} + 1,702 \times \text{Індекс створення освітнього потенціалу}, R^2=0,44;$$

$$\text{Рейтинг університетів} = -2,144 + 1,301 \times \text{Доступ до ІКТ} + 0,37 \times \text{Нові випускники докторантури} + 1,414 \times \text{Очікувана тривалість навчання, роки}, \\ R^2=0,71;$$

$$\text{Освітній потенціал} = (\text{Випускники у галузі науки та техніки} + \text{Кількість дослідників} + \text{Кількість населення з повною середньою освітою, \%} + \\ + \text{Населення з повною вищою освітою, \%} + \text{Нові випускники докторантури} + \\ + \text{Рейтинг університетів})/6.$$

До блоку створення інституційного потенціалу входять два параметри та такі співвідношення:

$$\text{Легкість одержання кредиту} = 0,875;$$

$$\text{Легкість захисту інвесторів} = 0,520168;$$

$$\text{Розвиток кластерів} = 0,54 + 0,423 \times \text{ВВП на душу населення} (-1), R^2=0,71 ;$$

$$\text{Індекс створення інституційного потенціалу} = (\text{Легкість одержання кредиту} + \\ + \text{Легкість захисту інвесторів} + \text{Розвиток кластерів})/3.$$

Блок оцінки інституційного потенціалу включає такі рівняння:

$$\text{Спроможність до інновацій} = 0,241 \times \text{Рейтинг університетів} + 0,405 \times \\ \times \text{Розвиток кластерів}, R^2=0,76;$$

$$\text{Якість науково-дослідних установ} = 0,097 + 0,404 \times \text{Освітній потенціал} + \\ + 0,561 \times \text{Розвиток кластерів}, R^2=0,74.$$

$$\text{Інституційний потенціал} = (\text{Спроможність до інновацій} + \\ + \text{Якість науково-дослідних установ})/2.$$

Управління активізацією освітнього й інституційного потенціалів здійснюється у моделі через такі змінні:

$$\text{Загальні витрати на НДДКР, \% ВВП} = 0,2 \times \text{EXP}(1,541 \times \text{ВВП на душу населення} (-1)), R^2=0,71;$$

$$\text{Використання ІКТ} = 0,4025 + 0,5343 \times \text{ВВП на душу населення} (-1), R^2=0,68;$$

$$\text{Зайнятість у наукоємних галузях, \%} = 0,71.$$

Блок моделювання результатів науково-технічної діяльності включає такі рівняння:

$$\text{Заявки на патенти} = 0,001731 \times \text{EXP}(3,164 \times \text{Інституційний потенціал} + \\ + 0,72 \times \text{Освітній потенціал} + 1,93 \times \text{Загальні витрати на НДДКР, \% ВВП}), \\ R^2=0,94;$$

$$\text{Патенти жителів країни} = -0,0137 + 1,96 \times \text{Заявки на патенти}, R^2=0,93;$$

$$\text{Наукові та технічні вироби} = 0,2319 \times \text{LN}(23,18 \times \text{Загальні витрати на НДДКР, \% ВВП} + 16,174 \times \text{Патенти жителів країни}), R^2=0,57;$$

Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону = $0,01 + 0,3724 \times \text{Патенти жителів країни}$, $R^2=0,91$;

Внутрішні заявки на дозвіл торгового знаку = $0,628014$;

Результати НДДКР = $0,123 + 0,2487 \times \text{Патенти жителів країни} + 0,1678 \times \text{Заявки на патенти} + 0,165 \times \text{Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону} + 0,1345 \times \text{Наукові і технічні виробництва}$, $R^2=0,91$.

Блок «Результати комерціалізації інновацій» включає такі співвідношення:

Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва = $0,28 + 0,5076 \times \text{Загальні витрати на НДДКР, \% ВВП} + 0,24 \times \text{Розвиток кластерів} - 0,668 \times \text{Створення бізнес- та ІКТ-моделей} + 0,468 \times \text{Якість науково-дослідних установ}$, $R^2=0,72$;

Високотехнологічний експорт = $-0,03 + 0,721 \times \text{Зайнятість у наукоємних галузях, \%} + 0,252 \times \text{Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва}$, $R^2=0,62$;

Експорт наукоємних послуг = $-0,688 + 1,65597 \times \text{Індекс створення інституційного потенціалу}$, $R^2=0,66$;

Малий і середній бізнес з інноваційними товарами = $1,4538 \times \text{LN}(0,8467 \times \text{Доступ до ІКТ} + 0,96 \times \text{Розвиток кластерів} + 0,303 \times \text{Загальні витрати на НДДКР, \% ВВП})$, $R^2=0,81$;

Створення бізнес- та ІКТ-моделей = $0,3129 + 0,461 \times \text{Інституційний потенціал} + 0,23 \times \text{Використання ІКТ}$, $R^2=0,73$;

Результати комерціалізації інновацій = $(\text{Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва} + \text{Високотехнологічний експорт} + \text{Експорт наукоємних послуг} + \text{Експорт творчої продукції} + \text{Малий і середній бізнес з інноваційними товарами} + \text{Створення бізнес- та ІКТ-моделей}) / 6$.

Останній узагальнюючий блок оцінки результатів науково-технічної та інноваційної діяльності для економіки у цілому включає два рівняння:

- економічний результат:

ВВП на душу населення = $1,333131 + 0,532326 \times \text{Ln}(\text{Результати НДДКР}) + 0,354293 \times \text{Ln}(\text{Результати комерціалізації інновацій})$, $R^2=0,83$;

ВВП на душу населення $(-1) = \text{ВВП на душу населення}_{t-1}$.

- глобальний інноваційний індекс:

GII = $0,244843 + 0,393806 \times \text{Інституційний потенціал} + 0,341109 \times \text{Використання ІКТ} + 0,036958 \times \text{ВВП на душу населення}$.

Таким чином, побудована імітаційна модель дозволяє дослідити вплив окремих напрямків розвитку освітнього, наукового, інституційного потенціалів і окремих заходів щодо активізації науково-технічної та інноваційної діяль-

ності на результати для економіки у цілому та визначити найбільш доцільні та ефективні з цих заходів [89].

2.3. Сценарії науково-інноваційного розвитку економіки України в сучасних умовах

Наступним етапом є сценарне моделювання як потужний інструмент для визначення доцільних методів управління науково-технічним розвитком [90]. У цьому дослідженні сценарне моделювання здійснювалося на основі плану імітаційних експериментів із зміною параметрів по одному. Такий підхід дозволяє виявити чутливість системи до кожного з параметрів та визначити ті параметри, збільшення (зменшення) яких дозволяє досягти найбільшого бажаного ефекту.

Імітаційні експерименти (сценарії) охоплювали період 2013–2025 рр. Під час побудови сценаріїв передбачалося, що зміни не можуть відбуватися миттєво, тому досягнення параметрами цільових значень було запрограмоване протягом 4 років – з 2017 по 2020 рр. однаковими приростами [91].

Цільові значення параметрів обиралися на рівні середнього значення по країнах ЄС, якщо рівень України за цим параметром був нижчий або на рівні найбільш передових країн. Параметрами, які не змінювалися у сценаріях, є «кількість населення з повною середньою освітою», оскільки за цим показником Україна випереджає усі країни ЄС, та «випускники у галузі науки та техніки», оскільки за цим показником Україна є одним з лідерів [91]. Параметри сценаріїв показано у табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Параметри сценаріїв науково-технічного розвитку України

№	Сценарії	Параметр	Цільове значення	Примітка
1	2	3	4	5
1	Базовий			
Підвищення освітнього потенціалу				
2	Освіта 1	Витрати на освіту, % ВВП	7,0	Швеція
3	Освіта 2	Тривалість навчання, років	16,9-17	Данія, Фінляндія
4	Освіта 3	Населення віком 30–35 років із повною вищою освітою, % населення відповідного віку	48,3	Швеція
Підвищення рівня інформаційно-комунікаційних технологій				
5	ІКТ 1	Доступ до ІКТ, балів	7,2	середнє по ЄС
6	ІКТ 2	Використання ІКТ, балів	5,5	середнє по ЄС

Закінчення табл. 2.5

1	2	3	4	5
Підвищення інституційного потенціалу				
7	Бізнес 1	Розвиток кластерів, бали	4,1	середнє по ЄС
8	Бізнес 2	Захист інвесторів, бали	80	Великобританія
9	Бізнес 3	Легкість одержання кредитів, бали	93,8	Польща
Активізація науково-технічної діяльності				
10	НДР 1	Витрати на науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, % ВВП	1,7	законодавство України
11	НДР 2		2,0	середнє по ЄС (за винятком Кіпру, Румунії та Болгарії)
12	НДР 3		4,0	цільове значення ЄС (Горизонт 2020)
Розвиток наукоємних виробництв				
13	Зайнятість 1	Зайнятість у наукоємних галузях, % загальної кількості робочої сили	38,2	середнє по ЄС
14	Зайнятість 2		61,4	краще по Україні у попередні роки (2011 р.)

Джерело: сформовано автором

Повну динаміку параметрів в усіх сценаріях показано у табл. Г.3 Додатка Г.

Базовий сценарій передбачає збереження усіх тенденцій та фіксацію усіх параметрів на рівні 2013 р. Виняток становить лише зменшення у 2014–2015 рр. рівня ВВП відносно прогнозованого моделлю до значення, що відповідає звітним даним щодо індексу реального ВВП України. На рис. 2.12 показано динаміку ВВП на 1 особу за паритетом купівельної спроможності у базовому сценарії.

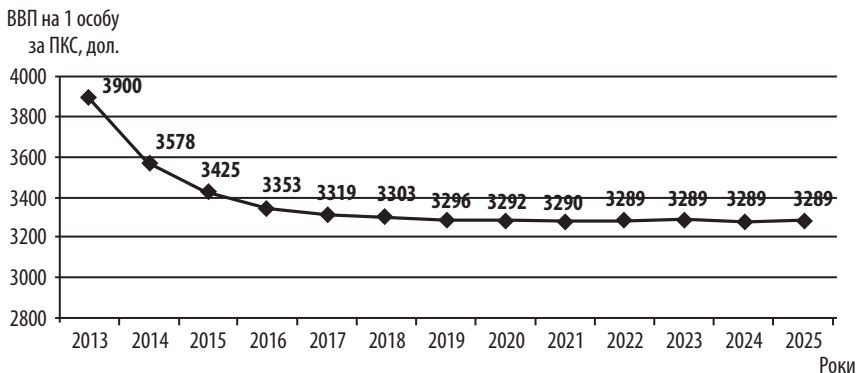


Рис. 2.12. Динаміка ВВП у базовому сценарії науково-технічного розвитку України

Джерело: сформовано автором

Аналіз динаміки основних показників науково-технічного розвитку України, зокрема, освітнього й інституційного потенціалів, результатів науково-дослідних робіт і комерціалізації інновацій, а також результатів для економіки у цілому дозволяє дійти висновку про подовження негативних тенденцій за умов збереження незмінними основних керуючих параметрів. Так, як виходить з рис. 1.20, величина ВВП зменшується протягом усього розглядуваного періоду, після стрімкого падіння у 2014–2016 рр. зниження продовжується, хоча і з меншими темпами. Ситуація стабілізується починаючи з 2022 р., але ресурсів для розвитку у економіки немає, отже, існуючі рішення дозволяють отримати лише просте відтворення.

Через зниження ВВП решта показників науково-технічного розвитку також знижуються або зростають вкрай повільно. Зростання в основному пояснюється тим, що динаміка показників визначається рівнем ВВП попереднього року, тому у перший прогностичний період, який відповідає 2014 р., значення майже усіх складових потенціалу та результатів зростає, оскільки базується на відносно більшому рівні ВВП 2013 р. Далі усі значення спадають, але залишаються трохи більше від початкового рівня. Так, інтегральна оцінка рівня освітнього потенціалу зростає у базовому сценарії на 4 %, так само, як і інтегральна оцінка створення освітнього потенціалу. Оцінка інституційного потенціалу зростає у базовому сценарії на 6 %, причому індекс створення інституційного потенціалу зростає лише на 2 %. Головним чинником зростання потенціалів є зростання оцінки розвитку кластерів (на 8 %) та кількості дослідників (до 2,04 % зайнятого населення) завдяки більшому рівню ВВП у перший період. Це дозволило у базовому сценарії досягти підвищення оцінки якості науково-дослідних установ на 6 %. За той самий період оцінка спроможності до інновацій збільшується на 8 %, що дозволило отримати доходи від ліцензій з-за кордону на 15 % більше. Але у цілому наявні позитивні зміни в окремих показниках не призвели до покращення ситуації.

Як показано на рис. 2.13, значення глобального інноваційного індексу також знижується через зниження рейтингу університетів на 1,8 %, загальних витрат на НДДКР на 1,6 %, рівня патентування на 2,1 % та суттєвого зниження питомої ваги малого та середнього бізнесу в інноваційних товарах до 0,94 %.

У цілому базовий сценарій науково-технічного розвитку України можна вважати песимістичним, оскільки ключові показники розвитку знижуються. Вичерпання освітніх резервів зростання та дуже низький рівень фінансування розробок призводить до стагнації розвитку. Більш того, на початкових часових проміжках відбувається стрімке падіння, що може призвести до втрати освітнього та наукового потенціалів. Зважаючи на довгий період

моделювання, слід зазначити, що збереження існуючих тенденцій на усьому проміжку є сильним обмеженням, тому цей сценарій має велику ймовірність здійснення у короткостроковій перспективі та нижче середньої – у довгостроковій. Для оцінки змін, які відбуваються при реалізації окремих сценаріїв, використовувалися дані останнього року моделювання (2025 р.), на основі яких розраховувалися відношення результатів обраного сценарію до результатів базового сценарію, а також відношення значень останнього року до значень на початок періоду (у 2013 р.) [91].

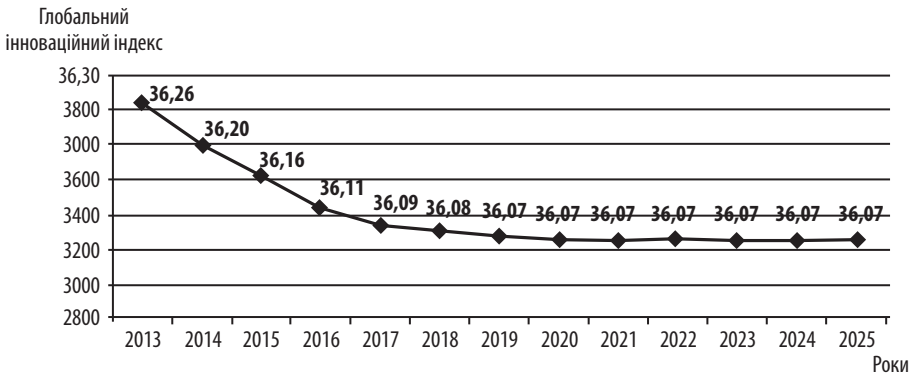


Рис. 2.13. Динаміка глобального інноваційного індексу у базовому сценарії науково-технічного розвитку України

Джерело: сформовано автором

Головні результати імітаційних експериментів, які реалізують виділені сценарії науково-технічного розвитку України, показані у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Результати імітації сценаріїв науково-технічного розвитку України

Показники, сценарії	Роки				Відношення до базового сценарію	Відношення 2025 р. до 2013 р.
	2013	2016	2020	2025		
1	2	3	4	5	6	7
ВВП на 1 особу за ПКС, дол.						
оптимум НДР	3900	3353	13699	27071	8,23	6,94
Зайнятість 2	3900	3353	8389	9440	2,87	2,42
Зайнятість 1	3900	3353	6741	7506	2,28	1,92
НДР 3	3900	3353	18650	48211	14,66	12,36
НДР 2	3900	3353	17436	20067	6,10	5,14

Закінчення табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7
НДР 1	3900	3353	14392	16319	4,96	4,18
Бізнес 3	3900	3353	3769	3889	1,18	1,00
Бізнес 2	3900	3353	6410	7112	2,16	1,82
Бізнес 1	3900	3353	11208	12881	3,92	3,30
ІКТ 2	3900	3353	3403	3429	1,04	0,88
ІКТ 1	3900	3353	4642	4971	1,51	1,27
освіта 3	3900	3353	3839	3983	1,21	1,02
освіта 2	3900	3353	3923	4092	1,24	1,05
освіта 1	3900	3353	3614	3627	1,10	0,93
базовий	3900	3353	3292	3289		0,84
Глобальний інноваційний індекс, бали						
оптимум НДР	36,26	36,11	38,78	43,20	1,20	1,19
Зайнятість 2	36,26	36,11	37,36	38,14	1,06	1,05
Зайнятість 1	36,26	36,11	36,94	37,48	1,04	1,03
НДР 3	36,26	36,11	40,06	48,51	1,35	1,34
НДР 2	36,26	36,11	39,76	41,71	1,16	1,15
НДР 1	36,26	36,11	38,97	40,45	1,12	1,12
Бізнес 3	36,26	36,11	36,19	36,27	1,01	1,00
Бізнес 2	36,26	36,11	36,85	37,35	1,04	1,03
Бізнес 1	36,26	36,11	40,68	41,90	1,16	1,16
ІКТ 2	36,26	36,11	40,63	40,64	1,13	1,12
ІКТ 1	36,26	36,11	36,78	37,01	1,03	1,02
освіта 3	36,26	36,11	36,47	36,56	1,01	1,01
освіта 2	36,26	36,11	36,81	36,92	1,02	1,02
освіта 1	36,26	36,11	36,30	36,31	1,01	1,00
базовий	36,26	36,11	36,07	36,07		0,99

Джерело: сформовано автором

Повні результати за всіма ендогенними змінними моделі показані у табл. Г.4 Додатка Г.

Порівняння результатів сценаріїв за рівнем ВВП на 1 особу та значення глобального інноваційного індексу у базовому сценарії та інших сценаріях розвитку дозволяє зробити висновок, що будь-які зрушення у керуючих параметрах, які відповідають удосконаленню освітньої, науково-технічної, ін-

новаційної політики або інституційним змінам, приводять до позитивних наслідків. Як видно з даних табл. 2.6, в усіх сценаріях відбувається поліпшення показників порівняно з базовим сценарієм. Проте у більшості сценаріїв також спостерігається стабілізація рівня ВВП і глобального інноваційного індексу, хоча й на набагато вищому рівні, ніж у базовому сценарії.

Для виявлення найбільш доцільного й ефективного сценарію реалізації науково-технічного розвитку України було проведене дослідження за окремими групами сценаріїв за усіма показниками розвитку.

Група сценаріїв підвищення освітнього потенціалу включає три сценарії, з яких один пов'язаний із фінансуванням освіти, а два передбачають підвищення зацікавленості населення в отриманні якісної освіти. Сценарій збільшення витрат на освіту до 7,0 % ВВП відповідає переходу до одного з найвищих серед країн ЄС рівня витрат на освіту, який здійснюється у Швеції. Цей сценарій єдиний, у якому передбачається не поступове, а разове збільшення витрат. Можливість цього сценарію визначається загальною тенденцією до збільшення витрат на освіту. Так, у 2009 р., за даними Всесвітньої організації інтелектуальної власності, витрати на освіту в Україні склали 5,86 % ВВП, а у 2013 р. – 6,15 %. У цілому у світі панує тенденція до підвищення рівня витрат на освіту, не тільки у країнах з економікою, що розвивається, але й у розвинутих країнах. Тому вказаний сценарій було включено у дослідження.

Аналіз діаграми причинно-наслідкових зв'язків (рис. 2.11) показав, що збільшення витрат на освіту має позитивний вплив на кількість населення з повною вищою освітою, рівень освітнього потенціалу, рівень патентної активності, а отже, результати НДДКР і обсяг ВВП. Кількість населення з повною вищою освітою у сценарії підвищення фінансування освіти збільшується на 13,2 % порівняно з базовим сценарієм і з початком періоду. Відповідне зростання індексу створення освітнього потенціалу на 4,3 % та самого освітнього потенціалу на 3,5 % дозволяє у сценарії збільшення витрат на освіту отримати невелике підвищення оцінки результатів НДДКР на 0,4 % та результатів комерціалізації інновацій на 0,7 %.

Вихідні показники у такому сценарії збільшуються сильніше. Динаміка ВВП на 1 особу стає позитивною починаючи з 2017 р. і дозволяє досягти на 10,3 % більшого значення наприкінці періоду моделювання порівняно з базовим сценарієм (3627 дол. за ПКС). Проте швидке зростання на початку потім змінюється значно більш уповільненим, через що показник ВВП не досягає рівня докризового 2013 р. на 7 %.

Значення глобального інноваційного індексу збільшується незначно за весь період – на 0,7 % відносно базового сценарію та на 0,1 % відносно початку

періоду. У цілому результати першого сценарію, хоча і є позитивними, є слабкими. Але слід зазначити, що у сценарії не розрізняються (як і у статистичних даних усіх країн) витрати окремо на середню, вищу та професійну освіту. Тому ефект від збільшення витрат на освіту є апріорі віддаленим у часі та неоднорідним. Отже, цей сценарій не може розглядатися як єдиний засіб активізації науково-технічного розвитку України.

Другий сценарій підвищення освітнього потенціалу передбачає збільшення протягом 2017–2020 рр. очікуваної тривалості навчання. При цьому мається на увазі весь цикл згідно з Національною рамкою кваліфікації до 8 рівня включно (початкова, середня, бакалаврат, магістратура, аспірантура / докторантура, перекваліфікація). Запровадження цього сценарію відповідає намаганням провідних країн світу зменшити питому вагу (переважно) молоді, яка покидає освітній заклад до закінчення повного курсу навчання та розвитку у світі тенденції до безперервної освіти, зокрема, у процесі практичної роботи. Крім того, позитивним вважається опанування споріднених або інших професій, що розширює коло компетенцій робітника та підвищує його конкурентоздатність на ринку праці. Україна за очікуваною тривалістю навчання посідала у 2014 р. 40 місце (15,31 року). Зважаючи на 11-річний цикл повної середньої освіти, 3–4-річний цикл підготовки бакалавра та 2-річний цикл підготовки магістрів, слід зазначити, що передчасне припинення освіти є поширеним явищем серед молоді України, не говорячи вже про вищий освітньо-науковий рівень підготовки кандидатів наук (докторів філософії), перепідготовку та ін. У той же час у розвинутих країнах ЄС очікувана тривалість навчання подекуди значно більша: 19,6 року у Бельгії, 18,12 року у Нідерландах. Такий значно триваліший час на освіту пов'язаний також і з 12-річним циклом повної середньої освіти у цих країнах, але свідчить і про більшу зацікавленість у отриманні вищої освіти населенням.

Отже, у другому сценарії передбачалося поступове збільшення очікуваної тривалості навчання до рівня Данії згідно з даними Глобального інноваційного індексу 2013 р. (16,9–17 років). Згідно з діаграмою причинно-наслідкових зв'язків таке підвищення сприятиме збільшенню освітнього потенціалу та, через підвищення рейтингу університетів і спроможності до інновацій, збільшенню інституційного потенціалу. Останній безпосередньо впливає на динаміку глобального інноваційного індексу. Динаміка ВВП на 1 особу як головний результат реалізації сценарію показано на рис. 2.14. Динаміку усіх змінних моделі показано у табл. Г.4 Додатка Г.

Як видно на рис. 2.14, загальна динаміка ВВП на 1 особу повторює динаміку попереднього сценарію, але на вищому рівні. Уповільнення зростання від-

бувається починаючи з 2022 р. При цьому збільшення рівня ВВП порівняно з базовим сценарієм складає 24,4 %, а порівняно з початком періоду моделювання – 4,9 % у 2015 р. (до 4092 дол. за ПКС).

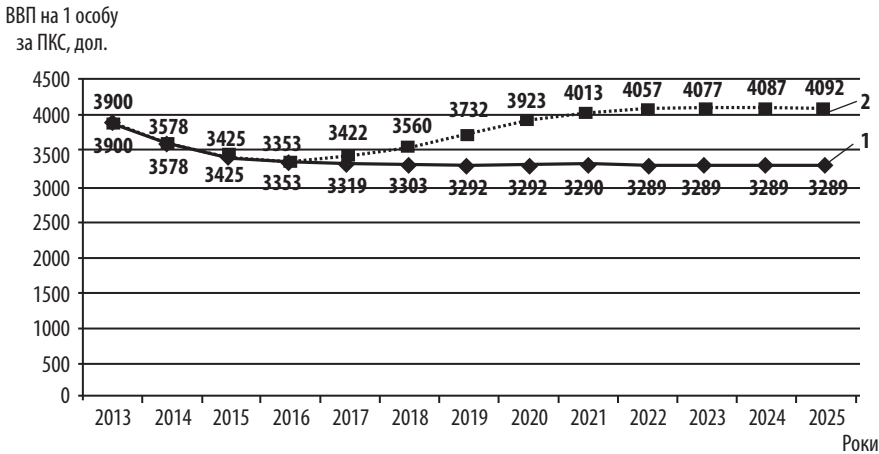


Рис. 2.14. Порівняння динаміки ВВП у (1) базовому сценарії та (2) сценарії продовження тривалості навчання

Джерело: сформовано автором

Головним чином, це підвищення забезпечується підвищенням результатів комерціалізації інновацій на 12,2 % відносно 2013 р. та 1,5 % відносно базового сценарію, а також результатів НДДКР на 2 %. Освітній потенціал збільшується при цьому на 8,1 % відносно 2013 р., але це збільшення має мультиплікативний ефект і розповсюджується на інституційний потенціал, який підвищується на 4,3 % відносно базового сценарію та на 10,9 % відносно 2013 р.

Можливість реалізації цього сценарію обмежена тим, що він може призвести до необхідності збільшення загальних витрат на освіту через продовження терміну навчання у середній школі і у вишах. Але й без додаткових витрат продовження навчання можливе, якщо вища освіта розглядатиметься населенням не як «необхідне зло» у вигляді диплому, а як засіб набуття професійних компетенцій, потрібних у економіці знань. Тому реалізація цього сценарію тісно пов'язана із підвищення якості освіти, у тому числі і завдяки підвищенню вимогливості вишів до студентів і викладачів.

Третій сценарій спирається на ті самі причини, що й попередній, і передбачає заохочення населення до отримання повної вищої освіти. Збільшення питомої ваги населення молодого віку (30–35 років), яке закінчило повний курс навчання у ВНЗ, сприяє підвищенню освітнього потенціалу, а отже, і результа-

тів науково-технічної діяльності та ВВП. Реалізація цього сценарію дозволяє досягти зростання ВВП на 1 особу на 21,1 % відносно базового сценарію та на 2,1 % відносно 2013 р. Вплив на глобальний інноваційний індекс значно слабший. Цей сценарій забезпечує зростання на 1,4 % відносно базового сценарію та лише на 0,8 % відносно початку періоду.

У цілому, з трьох сценаріїв першої групи найкращі результати дозволяє отримати сценарій збільшення тривалості навчання. Найменші результати приносить сценарій збільшення витрат на освіту. Це пов'язане з тим, що збільшення витрат має більш віддалений ефект, який поступово нівелюється із розповсюдженням по всій системі освітньо-науково-технічного розвитку. Таким чином, як найбільш доцільний з цієї групи сценаріїв можна вважати сценарій заохочення молоді до отримання повної якісної освіти, у т. ч. з боку роботодавців. У той же час збільшення витрат на освіту має більш віддалені наслідки, оскільки охоплює весь цикл навчання. Тому ці два сценарії варто використовувати одночасно.

Друга група сценаріїв спрямована на розвиток інформаційно-комунікаційної інфраструктури, що забезпечує кращі умови для освіти, здійснення досліджень, підвищує рівень доступності інформації для розробників та бізнесу, сприяє дифузії знань та інновацій. створює нові можливості для стартап-проектів. У цій групі розглядалися два сценарії: підвищення рівня доступу до інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та підвищення рівня використання цих технологій у бізнесі. Таким чином, сценарії охоплюють і процес створення потенціалу, і процес його реалізації (використання).

Перший сценарій передбачає підвищення рівня доступу до ІКТ на 12,8 % до середнього рівня у країнах ЄС – 7,2 бали. Цей показник визначається світовими організаціями на основі експертних опитувань, у ході яких береться до уваги щільність покриття, питома вага користувачів Інтернет, швидкість широкосмугового Інтернету та вартість послуг. Отже, цей показник є частково суб'єктивним, але має базуватися на певній об'єктивній інформації. Тому його можна розглядати як керований. Можливості України на шляху підвищення цього показника достатньо широкі, оскільки останнім часом доступ до ІКТ поліпшується. Однією з переваг країни є низька порівняно з іншими країнами Європи ціна на послуги Інтернет. Проте низькими залишаються показники якості наданих послуг, як відзначається у дослідженні Всесвітнього економічного форуму індексу мережевої готовності [80]. Таким чином, для реалізації цього сценарію необхідно зосередитися на удосконаленні, насамперед технологічної складової ІКТ. Водночас цей сценарій не вимагає від держави без-

посередніх капітальних вкладень, але удосконалення регулювання діяльності провайдерів та спонукання їх до надання кращих послуг.

Згідно з деревом наслідків, яке відповідає діаграмі причинно-наслідкових зв'язків імітаційної моделі, підвищення рівня доступу до ІКТ має позитивний вплив на формування освітнього й інституційного потенціалів і безпосередній вплив на діяльність малих і середніх інноваційних підприємств. Динаміку обсягу ВВП на 1 особу у цьому сценарії показано на рис. 2.15.

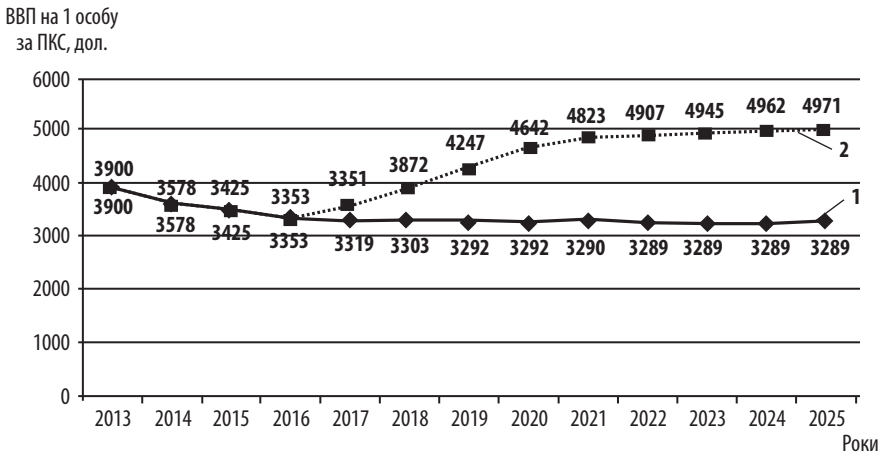


Рис. 2.15. Порівняння динаміки ВВП у (1) базовому сценарії та (2) сценарії підвищення рівня доступу до ІКТ

Джерело: сформовано автором

Як видно з рис. 2.15, динаміка ВВП повторює динаміку у попередній групі сценаріїв, але ефект від поступового підвищення рівня доступу до ІКТ зберігається до 2023 р., після чого значення стабілізується. Це дозволяє досягти значного приросту порівняно з базовим сценарієм – 51,1 % та порівняно з початком періоду моделювання – 27,4 %. Отже, має місце мультиплікативний ефект на усіх кроках розповсюдження впливу. Ліва частина цього збільшення забезпечується за рахунок підвищення рейтингу університетів (на 45 %) та кількості дослідників (на 22,5 % порівняно з базовим сценарієм). Підвищення освітнього та інституційного потенціалів на 3,2 % та 3,6 % відповідно у сукупності має суттєвий вплив на збільшення кількості заявок на отримання патентів (на 28,4 % порівняно з базовим сценарієм та 23,5 % від рівня початку періоду). Найбільш суттєвий вплив зміна доступу до ІКТ має для малого та середнього бізнесу з інноваційними товарами, обсяг якого збільшується у 5,2 разу до 4,95 %.

Через збільшення результатів НДДКР на 1,2 % та результатів комерціалізації на 5,6 % відбувається збільшення обсягу ВВП, що, у свою чергу, призводить до збільшення витрат на дослідження та розробки і також має позитивний ефект.

Вплив на оцінку глобального інноваційного індексу значно слабше, вона збільшується протягом періоду моделювання лише на 2,6 % порівняно з базовим сценарієм та на 2,1 % порівняно з початком періоду. Це відбувається через більш довгий ланцюг розповсюдження впливу параметра сценарію на вихідний інноваційний показник.

Другий сценарій передбачає підвищення рівня використання ІКТ до 5,5 балів, середнього значення по ЄС. Дії державних органів у цьому сценарії мають бути спрямовані, перш за все, на підвищення ролі ІКТ у державному управлінні та запровадженні електронного уряду. Зокрема, підвищення рівня інформативності офіційних веб-сайтів, розширення кількості та якості електронних послуг і залучення громадян до прийняття державних рішень.

Сценарій підвищення рівня використання ІКТ має значно менший вплив на обсяг ВВП, оскільки не має суттєвого впливу на формування освітнього й інституційного потенціалів науково-технічного розвитку, але значно більший вплив на глобальний інноваційний індекс. Рівень ГП зростає у сценарії № 6 на 12,7 % відносно базового сценарію та на 12,1 % відносно початку періоду. Це є наслідком підвищення кількості створених бізнес- та ІКТ-моделей у рамках комерціалізації інновацій та кількості дослідників на 31,8 % відносно базового сценарію. Проте це зростання має окремі негативні наслідки, а саме: на 9,7 % знижується питома вага високо- і середньотехнологічних підприємств через перерозподіл використання освітнього й інституційного потенціалів. Таким чином, не варто зосереджуватися лише на підвищенні рівня використання ІКТ, оскільки підвищення освітнього й інституційного потенціалів завдяки забезпеченню кращого доступу до ІКТ забезпечує кращі результати реалізації потенціалів і не призводить до зменшення жодного з вихідних критеріїв.

Третя група сценаріїв (№ 7–8 у табл. 2.5) спрямована на підвищення інституційного потенціалу, а отже, потребує змін нормативно-правової бази ведення бізнесу, у тому числі інноваційного й у сфері досліджень і розробок.

Перший сценарій цієї групи (№ 7) передбачає сприяння розвитку кластерів, які мають стати одним із головних інструментів поєднання наукових розробок із їх комерціалізацією. Суттєве підвищення рівня розвитку кластерів протягом найближчих 4 років у 1,5 разу порівняно з базовим сценарієм має на

меті значне підвищення інституційного потенціалу. Результати моделювання цього сценарію дозволяють говорити про нього як про один із найбільш ефективних сценаріїв.

Результати моделювання сценаріїв розвитку інституційного потенціалу показані на рис. 2.16.

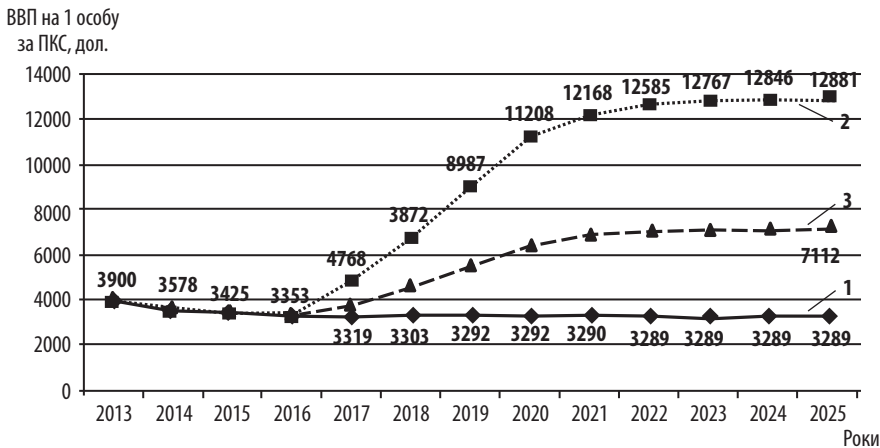


Рис. 2.16. Порівняння динаміки ВВП у базовому сценарії та сценаріях підвищення інституційного потенціалу: 1 – базовий сценарій; 2 – сценарій розвитку кластерів; 3 – покращення захисту інвесторів

Джерело: сформовано автором

Зростання ВВП на 1 особу відбувається порівняно з базовим сценарієм у 3,9 разу, а глобального інноваційного індексу – на 16,2 %. Таке суттєве збільшення пояснюється тим, що розвиток кластерів має безпосередній вплив на формування результатів комерціалізації інновацій, а саме підвищення питомої ваги високо- та середньотехнологічних виробництв до 27,9 % (на 35,8 % більше, ніж у базовому сценарії), підвищення обсягів високотехнологічного експорту до 3,19 % (на 19,1 % відносно базового сценарію та на 15,8 % відносно початку моделювання).

З третьої групи сценаріїв найменший ефект має поліпшення умов кредитування, що дозволяє отримати збільшення ВВП на 1 особу на 18,3 % відносно базового сценарію.

Таким чином, найбільш доцільним є забезпечення науково-технічного й інноваційного розвитку за рахунок розвитку інфраструктури цієї діяльності, а саме розвитку кластерів.

Четверта група сценаріїв передбачає здійснення прямого впливу на результативність науково-технічної та інноваційної діяльності шляхом підвищення витрат на дослідження та розробки (витрат на НДДКР). Саме цей керуючий параметр вважається найбільш впливовим. У цій групі сценаріїв розглядаються три варіанти збільшення витрат на розробки протягом 2017–2020 рр. – до 1,7 %, 2 % та 4 % ВВП, які відповідають цільовим орієнтирам Стратегії 2020 та Європа-2020. Динаміку обсягу ВВП на 1 особу у цій групі сценаріїв показано на рис. 2.17.

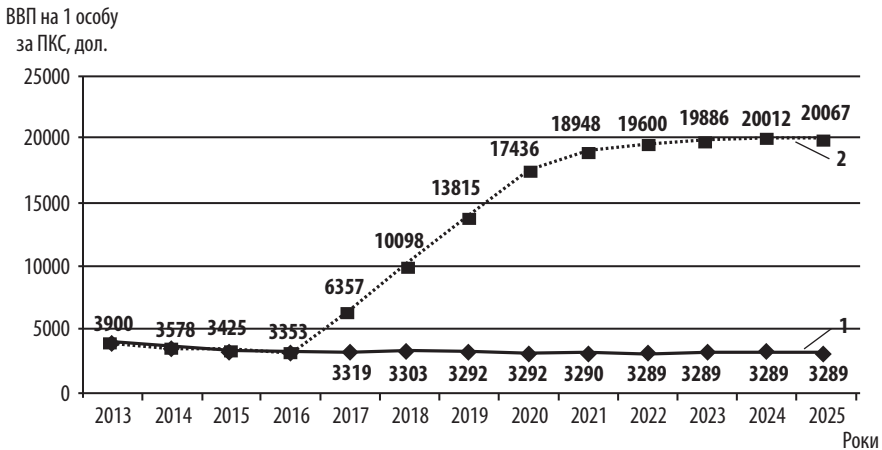


Рис. 2.17. Порівняння динаміки ВВП у (1) базовому сценарії та (2) сценарії НДР2 активізації науково-технічної діяльності (збільшення витрат на НДДКР до 2 % ВВП)

Джерело: сформовано автором

Як видно з рис. 2.17 сценарії підвищення витрат на НДДКР на 1,7 % та 2 % забезпечують стрімке зростання обсягу ВВП протягом періоду нарощування витрат та уповільнене зростання у наступні роки. Порівняно з базовим сценарієм зростання ВВП на 1 особу відбувається у 4,9 та 6,1 разу протягом періоду моделювання. Водночас стрімке зростання результатів комерціалізації інновацій на 28,7 % та 37,3 % забезпечує і підвищення глобального інноваційного індексу на 12,2 % та 15,7 % відповідно відносно базового сценарію та на 11,6 % і 15,0 % – відносно рівня 2013 р.

Водночас таке стрімке зростання ВВП забезпечує через зворотній зв'язок зростання освітнього й інституційного потенціалів на 2,7–3,5 % та 9,3–12,0 % відповідно.

Таким чином, обидва сценарії забезпечують високі результати науково-технічної та інноваційної діяльності для економіки у цілому.

Єдиним з розглядуваних сценаріїв, який забезпечує економічне зростання без обмежень, є той, у якому рівень витрат на дослідження та розробки збільшується до цільового значення ЄС у 4 % ВВП. За цих умов зростання ВВП має відбуватися у 14,7 разу відносно базового сценарію, а підвищення глобального інноваційного індексу – на 34,5 %.

Сценарій підвищення рівня витрат на науково-технічні розробки до 4 % ВВП наразі можна вважати надзвичайно малоімовірним. Але, як показав аналіз результатів моделювання, збільшення витрат до законодавчо встановленого рівня має значний позитивний ефект.

Два інші сценарії цієї групи також забезпечують значне зростання ВВП у перших періодах. Але наприкінці періоду моделювання значення ВВП також стабілізується. Тому було досліджено критичне значення рівня витрат на дослідження та розробки, який забезпечить постійне зростання усіх складових науково-технічного розвитку та рівня ВВП.

На рис. 2.18 наведено порівняння динаміки ВВП у (1) базовому сценарії та (2) оптимальному сценарії витрат на НДДКР. Експериментальним шляхом встановлено, що оптимальним рівнем витрат на НДДКР є 2,5 % ВВП щорічно. Це забезпечує постійний лінійний приріст обсягу ВВП на 1 особу (рис. 2.18), а також лінійний приріст індексу глобальної конкурентоспроможності.

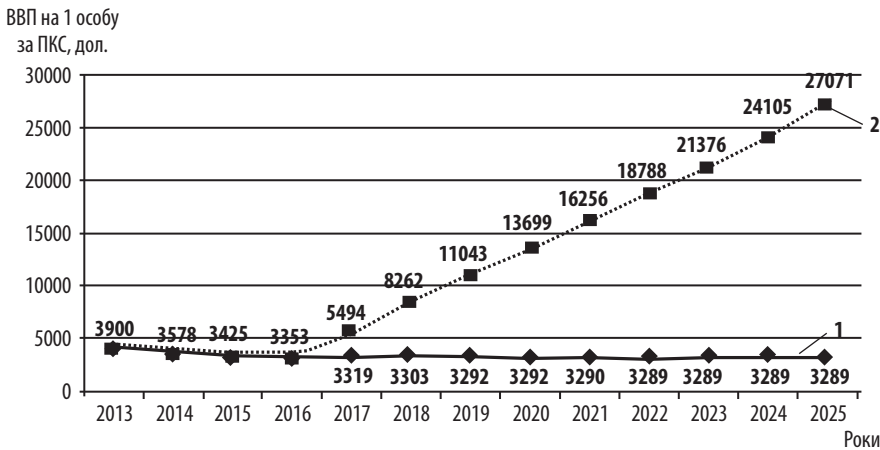


Рис. 2.18. Порівняння динаміки ВВП у (1) базовому сценарії та (2) оптимальному сценарії витрат на НДДКР

Джерело: сформовано автором

У сценарії оптимального зростання витрат на інновації рівень ВВП збільшується у 2025 р. у 8,2 разу відносно базового сценарію, а глобальний інноваційний індекс підвищується до 43,2 балів (на 19,8 %).

Остання група сценаріїв передбачала розвиток високотехнологічних виробництв, який пов'язаний зі збільшенням рівня зайнятості у цих виробництвах. Перший сценарій цієї групи передбачає підвищення рівня зайнятості до 38,2 % від усього зайнятого населення, що є середнім рівнем по країнах ЄС. Другий сценарій є оптимістичний у цій групі і передбачає підвищення питомої ваги зайнятості у високотехнологічних виробництвах до 61,4 %, такий рівень спостерігався в Україні у 2011 р. згідно з оцінкою Всесвітнього економічного форуму.

На рис. 2.19 наведено порівняння динаміки ВВП у базовому сценарії та сценаріях розвитку наукоємних виробництв: 1 – базовий сценарій, 2 – підвищення рівня зайнятості у високотехнологічних виробництвах до 38,2 %; 3 – підвищення рівня зайнятості у високотехнологічних виробництвах до 61,4 %.

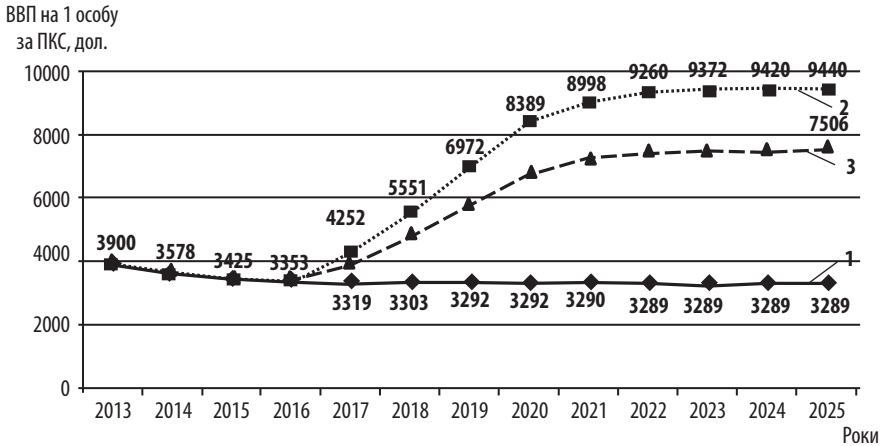


Рис. 2.19. Порівняння динаміки ВВП у базовому сценарії та сценаріях розвитку наукоємних виробництв: 1 – базовий сценарій, 2 – підвищення рівня зайнятості у високотехнологічних виробництвах до 38,2 %; 3 – підвищення рівня зайнятості у високотехнологічних виробництвах до 61,4 %

Джерело: сформовано автором

Як видно з рис. 2.19, загальна динаміка рівня ВВП повторює динаміку у попередніх сценаріях. Досить стрімке зростання при поступовому розширенні високотехнологічних виробництв у 2017–2020 рр. змінюється уповільненим зростанням. Наприкінці періоду моделювання загальне зростання рівня ВВП на 1 особу складає 1,35 і 2,8 рази відносно базового сценарію. Приріст відносно 2013 р. складає 13,9 % та 142 %. Глобальний інноваційний індекс збільшується у першому сценарії на 1,1 % відносно базового сценарію, а у другому

сценарії – на 5,7 %. Головний вплив, природно, збільшення зайнятості здійснює на результати комерціалізації інновацій, а саме на розвиток інноваційної діяльності малого та середнього бізнесу, питома вага якого зростає у цьому випадку до 3,66 % та 4,89 % усього малого та середнього бізнесу. Опосередковано зростає також рівень використання ІКТ (на 17,6 % та 26,1 % відносно базового сценарію). Також значно зростає обсяг високотехнологічного експорту – до 7,34–9,8 % усього експорту, що відповідає рівням Австрії, Швеції, Бельгії. Таким чином, заохочення бізнесу до розвитку високотехнологічних виробництв і спонукання до підвищення зайнятості саме у цьому напрямку має суттєві позитивні результати, переважно для інноваційного розвитку країни.

Результати аналізу сценаріїв узагальнені у табл. 2.7 за допомогою ранжування. Як виходить за результатами ранжування, сценарії, спрямовані на розвиток освітнього потенціалу, не є найбільш ефективними. Але, як показано у [60], час, витрачений на освіту, здійснює позитивний вплив на економічний розвиток суспільства та забезпечує більший приріст валового продукту, ніж за рахунок простого збільшення факторів.

Таблиця 2.7

Ранжування сценаріїв за результатами для економіки у цілому

Сценарії	Ранги сценаріїв		
	за рівнем ВВП на 1 особу	за значенням глобального інноваційного індексу	результуючий
НДР 3	1	1	1
Оптимум НДР	2	2	2
НДР 2	3	4	3
Бізнес 1	5	3	4
НДР 1	4	6	5
Зайнятість 2	6	7	6
Зайнятість 1	7	8	7
Бізнес 2	8	9	8
ІКТ 1	9	10	9
ІКТ 2	14	5	9
Освіта 2	10	11	11
Освіта 3	11	12	12
Бізнес 3	12	14	13
Освіта 1	13	13	13
Базовий	15	15	15

Таким чином найкращим сценарієм, який у довгостроковому періоді забезпечує значне зростання результатів науково-технічного розвитку, є сценарій збільшення рівня витрат на НДДКР до цільового рівня ЄС у 4 % ВВП. Але цей сценарій є малоімовірним. Оптимальним можна вважати рівень витрат у 2,5 % ВВП, який може бути реалізований у середньостроковій перспективі. Підвищення рівня витрат до 1,7–2 % ВВП дає певні результати, але не створює достатніх ресурсів для довгострокового розвитку. Проте ці варіанти сценаріїв є більш ймовірними.

Крім того, заради досягнення помітних результатів науково-технічного розвитку необхідно, щоб збільшення витрат на дослідження та розробки супроводжувалося розвитком кластерів, підвищенням рівня захисту інвесторів, розвитком високотехнологічних виробництв і зайнятості на таких виробництвах, а також полегшенням доступу до ІКТ. До того ж необхідною умовою ефективного науково-технічного розвитку є стимулювання зацікавленості населення в отриманні якісної професійної освіти, у тому числі через заохочення з боку роботодавців.

Як наслідок, не менш актуальною проблемою науково-технічного розвитку є форсайт-прогноз пріоритетних напрямків розвитку проривних (базисних) технологій нової промислової революції, на дослідження і розробку яких держава і бізнес повинні спрямовувати кошти, тобто конвергентних технологій.

Висновки до розділу 2

1. Запропоновано методичний підхід до оцінки інноваційного розвитку України та країн ЄС, який, зокрема, передбачає такі етапи: перший – оцінка умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн; другий – оцінка умов і реалізації інноваційного потенціалу досліджуваних країн; третій – дослідження компонентів інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу країн.
2. Проведено структурний аналіз компонент та інтегральних показників, а також зіставлення компонент інтегральних показників, що за допомогою методу кластерного аналізу дозволили скласти порівняльну матрицю умов створення, рівня і умов реалізації інноваційного потенціалу України, виявити його відносні переваги та недоліки, а також визначити стратегічні напрями розвитку країн в інноваційній сфері. Встановлено, що Україна має: (1) відносні переваги розвитку свого інноваційного потенціалу в таких напрямках, як: фінансове забезпечення освітнього потенціалу, рівень та якість освіченості населення, внутрішня патентна

активність населення, експорт наукоємних послуг; (2) незначні потенційні відносні переваги у такому: тривалість навчання, якість університетської освіти, фінансування та зайнятості в сфері НДДКР й доходів від винахідницької діяльності; (3) найбільшу частку характеристик інноваційного потенціалу України складають відносні недоліки, а саме: чисельність дослідників та якість науково-дослідних установ, доступ, використання та практична реалізація ІКТ, загальна патентна активність населення, розвиток інноваційних кластерів, створення науково-технологічних виробництв і продуктів, експорт високотехнологічної та творчої продукції, виробництво інноваційної продукції малими та середніми підприємствами, правовий захист.

3. Розроблено імітаційну модель науково-технічного розвитку України, яка побудована відповідно до структури виявлених зв'язків між складовими науково-освітнього й інституційного потенціалів, а також результатів науково-технічної та інноваційної діяльності, і включає блоки: формування освітнього потенціалу, створення інституційного потенціалу, управління активізацією освітнього й інституційного потенціалів, моделювання результатів науково-технічної діяльності, результати комерціалізації інновацій, оцінки результатів науково-технічної та інноваційної діяльності для економіки у цілому. Показано, що в імітаційній моделі було сформовано 65 контурів зворотного зв'язку, які містять від 3 до 10 змінних моделей і охоплюють весь процес від створення освітнього чи інституційного потенціалу до результатів науково-технічної та інноваційної діяльності, що дозволяє дослідити вплив окремих напрямків розвитку освітнього, наукового, інституційного потенціалів і окремих заходів щодо активізації науково-технічної та інноваційної діяльності на результати для економіки у цілому та визначити найбільш доцільні й ефективні з цих заходів.
4. Показано, що проведене в роботі сценарне моделювання здійснювалося на основі плану імітаційних експериментів із зміною параметрів по одному, дозволяє виявити чутливість системи до кожного з параметрів і визначити ті параметри, збільшення (зменшення) яких дозволяє досягти найбільшого бажаного ефекту. Імітаційні експерименти (сценарії) охоплювали період 2013–2025 рр. Під час побудови сценаріїв передбачалося, що зміни не можуть відбуватися миттєво, тому досягнення параметрами цільових значень було запрограмоване протягом 4 років – з 2017 по 2020 рр. однаковими приростами. Цільові значення параметрів обиралися на рівні середнього значення по країнах ЄС, якщо рі-

вень України за цим параметром був нижчий або на рівні найбільш передових країн. Параметрами, які не змінювалися у сценаріях, є «кількість населення з повною середньою освітою», оскільки за цим показником Україна випереджає усі країни ЄС, та «випускники у галузі науки та техніки», оскільки за цим показником Україна є одним з лідерів.

5. Базовий сценарій передбачає збереження усіх тенденцій та фіксацію усіх параметрів на рівні 2013 р. Виняток становить лише зменшення у 2014–2015 рр. рівня ВВП відносно прогнозованого моделлю до значення, що відповідає звітним даним щодо індексу реального ВВП України. Аналіз динаміки основних показників науково-технічного розвитку України, зокрема, освітнього й інституційного потенціалів, результатів науково-дослідних робіт і комерціалізації інновацій, а також результатів для економіки у цілому дозволяє дійти висновку про подовження негативних тенденцій за умов збереження незмінними основних керуючих параметрів. Так, величина ВВП зменшується протягом усього розгляданого періоду, після стрімкого падіння у 2014–2016 рр. зниження продовжується, хоча і з меншими темпами. Ситуація стабілізується, починаючи з 2022 р., але ресурсів для розвитку у економіки немає. Отже, існуючі рішення дозволяють отримати лише просте відтворення. У цілому базовий сценарій науково-технічного розвитку України можна вважати песимістичним, оскільки ключові показники розвитку знижуються. Вичерпання освітніх резервів зростання та дуже низький рівень фінансування розробок призводить до стагнації розвитку. Більш того, на початкових часових проміжках відбувається стрімке падіння, що може призвести до втрати освітнього та наукового потенціалів. Зважаючи на довгий період моделювання, слід зазначити, що збереження існуючих тенденцій на усьому проміжку є сильним обмеженням, тому цей сценарій має велику ймовірність здійснення у короткостроковій перспективі та нижче середньої – у довгостроковій.
6. Для оцінки змін, які відбуваються при реалізації окремих сценаріїв, використовувалися дані останнього року моделювання (2025 р.), на основі яких розраховувалися відношення результатів обраного сценарію до результатів базового сценарію, а також відношення значень останнього року до значень на початок періоду (у 2013 р.). Порівняння результатів сценаріїв за рівнем ВВП на 1 особу та значення глобального інноваційного індексу у базовому сценарії та інших сценаріях розвитку дозволяє зробити висновок, що будь-які зрушення у керуючих параметрах, які відповідають удосконаленню освітньої, науково-технічної, інновацій-

ної політики або інституційним змінам, приводять до позитивних наслідків. В усіх сценаріях відбувається поліпшення показників порівняно з базовим сценарієм. Проте у більшості сценаріїв також спостерігається стабілізація рівня ВВП і глобального інноваційного індексу, хоча й на набагато вищому рівні, ніж у базовому сценарії.

7. Для виявлення найбільш доцільного й ефективного сценарію реалізації науково-технічного розвитку України було проведене дослідження за окремими групами сценаріїв за усіма показниками розвитку. Доведено, що заради досягнення помітних результатів науково-технічного розвитку України необхідно: (1) реалізація оптимального сценарію збільшення рівня витрат на НДДКР у 2,5 % ВВП у середньостроковій перспективі, що створює достатні ресурси для довгострокового розвитку; (2) збільшення витрат на дослідження та розробки повинно супроводжуватися розвитком кластерів, підвищенням рівня захисту інвесторів, розвитком високотехнологічних виробництв тіа зайнятості на таких виробництвах, а також полегшенням доступу до ІКТ; (3) стимулювання зацікавленості населення в отриманні якісної професійної освіти, у тому числі через заохочення з боку роботодавців.



Форсайт-прогноз пріоритетних напрямів розвитку складових конвергентних технологій

3.1. Досвід проведення форсайт-прогнозів у країнах світу

У більшості країн світу (США, Японії, Великобританії, Франції, Швеції, Росії та ін.), зокрема і в Україні, технологія форсайт зарекомендувала себе як достатньо ефективний інструмент вибору пріоритетів у сфері науки та технологій, що реалізуються в рамках як національних, так і великих міжнародних програм науково-технічного й інноваційного розвитку [71; 93–104].

Існує велика кількість визначень форсайту, одне з яких, як найбільш узагальнююче і часто використовуване, сформулював відомий учений з Інституту інноваційних досліджень (Університет Манчестера, Великобританія) Рафаель Поппер: «Форсайт – це системний, партисипативний, перспективний і політично орієнтований процес, який (за підтримки різноманітних методик сканування середовища / горизонтів) спрямований на активне залучення ключових зацікавлених сторін у широкий спектр заходів з передбачення майбутнього, підготовки рекомендацій і здійснення перетворень у технологічній, економічній, екологічній, політичній соціальній і етичній областях» [104].

Так, у період 2000–2015 рр. основні стадії розвитку подібних досліджень, з точки зору їх змісту, умовно можна виділити як: (1) ринково-технологічний форсайт (2000–2003 рр.); (2) форсайт глобальної конкуренції та розвитку інноваційних систем (2004–2007 рр.); (3) форсайт як інструмент політики (з 2008 р. до теперішнього часу). У табл. Д.1 Додатка Д наведено короткий огляд основних форсайт-програм країн світу у 2000–2015 рр. [71; 93–104; 105, с. 5].

При цьому за останні роки фахівці відмічають поглиблення методології подібних досліджень і зміни ролі форсайту від виключно інформативних функцій до максимально повної інтеграції у процес формування і актуалізації науково-технічної політики [98, с. 13]. Наприклад, у роботі Л. Джорджиу виокремлено п'ять поколінь форсайту: (1) перше покоління – роль прогнозу обмежувалася інформацією щодо внутрішньої динаміки розвитку науки та технологій; (2) друге покоління – охоплює ймовірний вклад науки у вирішення окремих економічних і соціальних проблем; (3) третє покоління – включає більш ши-

рокий соціальний вимір і аналіз перспектив розвитку альтернативних інститутів; (4) четверте покоління – містить скоординовані галузеві оцінки майбутнього науки та інновацій; (5) п'яте покоління – досліджує перспективи розвитку національної інноваційної системи (НІС) і науково-технологічні аспекти соціально-економічного розвитку в цілому [105].

На думку фахівців ОЕСР, у сучасних умовах пришвидшення науково-технічного розвитку у країнах-лідерах форсайт, з *одного боку*, повинен забезпечити урядові структури й інших замовників інформацією щодо можливих сценаріїв майбутнього розвитку НІС з метою побудови системної стратегії підтримки інноваційного розвитку, а з *іншого* – необхідно врахувати зміни у задачах науково-технічної та інноваційної політики, серед яких з'являються такі як: (1) розвиток інноваційного потенціалу людських ресурсів (кадри, споживачі інновацій, розвиток малого інноваційного підприємництва тощо); (2) зниження бар'єрів для інноваційної діяльності; (3) сприяння процесу створення і практичного використання знань; (4) застосування інновацій для відповіді на глобальні виклики; (5) підвищення ефективності політики у сфері науки та інновацій [106]. Крім того, у документі «Інноваційна стратегія ОЕСР 2015». Порядок денний для дій з питань політики» встановлено п'ять пріоритетів цієї політики, які забезпечують основу для всеосяжного і орієнтованого на дії підходу до інновацій в умовах фінансово обмеженої економіки, а саме: (1) збільшення інвестицій в інновації та стимулювання більшої динаміки бізнесу; (2) інвестування і формування ефективної системи створення і поширення знань; (3) використання переваг цифрової економіки; (4) прискорення розвитку талантів і навичок і оптимізація їх використання; (5) поліпшення управління і здійснення політики в області інновацій [107]. Як наслідок, спостерігається інтеграція науково-технологічного форсайту і більш широкого кола досліджень, яка сьогодні стала поширеною практикою при формуванні науково-технічної та інноваційної політики розвинених країн.

Наприклад, у США ще з 60-х років минулого століття корпорація Rand займалася розробкою основ сучасних підходів до довгострокового прогнозування науково-технологічного розвитку, в тому числі: (1) дослідженням точності і надійності методу Дельфі для групової оцінки думок експертів; (2) складанням переліку технологій, критично важливих з погляду майбутнього економіки країни або для національної безпеки; (3) формуванням разом із різними промисловими консорціумами (наприклад, аерокосмічними та комп'ютерних систем) більш конкретних переліків критичних технологій для певних секторів; (4) розробкою «дорожніх карт», що встановлювали, як кож-

на з цих критичних технологій має розвиватися. Методологія цих процедур включала складання довгого, першого переліку виникаючих технологій, визначення чітких критеріїв відбору і згодом, на основі цих критеріїв, – складання короткого переліку (зазвичай близько 10–20) найважливіших технологій. При оцінці технологій, які відбиралися, соціальні та екологічні аспекти при цьому найчастіше ігнорувалися, а перевага надавалась таким критеріям, як: (1) економічне зростання; (2) технологічна конкурентоспроможність; (3) місткість ринку [105; 108–112].

Але сьогодні, як уже детально було нами розглянуто у розділі 2, в результаті інтеграції науково-технологічного форсайту, соціальних, екологічних та інших досліджень одними з найбільш відомих і авторитетних форсайтних досліджень стали прогнози Національної ради з розвідки (NIC) і корпорації Rand Corp., які регулярно оприлюднюються починаючи з 1997 р., а саме: (1) несценарний прогнозний доповідь про розвиток регіонів світу і роль США (Global Trends 2010); (2) сценарний прогноз Global Trends 2015; (3) сценарні прогнози, що самореалізуються (Global Trends 2020–2025); (4) форсайтний прогноз Global Trends 2030 [113–117]. Але саме у форсайтному дослідженні «Global Trends 2030», підготовленому в 2012 р., були впроваджені значні інструментальні інновації у створенні прогнозного документу, які сприяли вдосконаленню методики форсайту, а саме: (1) вперше склад рушійних сил поділений на дві великі групи – мегатренди і геймчейджери; (2) виокремлені світові геополітичні центри за новою методикою. Мегатренди представлені глобальними тенденціями світового масштабу, а геймчейджери є наслідком впливу мегатрендів на певний геополітичний центр. При цьому технологічний прогрес виділено в окремий геймчейджер, але одночасно він є механізмом адаптації до поточних мегатрендів. Для кожного регіону світу виділені також локальні тренди і геймчейджери, які є результатом взаємодії локальних трендів і загальносвітових мегатрендів.

У країнах ЄС більше десяти років також ведеться систематичний моніторинг і аналіз форсайт-досліджень за підтримки Єврокомісії. Так, серед інструментів європейського форсайт-прогнозу широко використовуються такі методи, як дорожні карти, вибір пріоритетів, побудова образів майбутнього, слабкі сигнали, «джокери» (wild cards), а також поширюється інтеграція методів чисельного прогнозування та експертних методів [104; 118–120].

Перші шаблони й індикатори для дослідження форсайт-практики були розроблені під час виконання пілотного проекту EUROFORE, що був реалізований у 2002–2003 рр. [30]. Подібні проекти одержали поширення в рамках

Європейської мережі моніторингу форсайт-досліджень (European Foresight Monitoring Network, EFMN), за час функціонування якої у 2003–2008 рр. було накопичено значний досвід і розроблені оригінальні методики аналізу [122].

У 2009 р. EFMN була перетворена на Європейську форсайт-платформу (European Foresight Platform, EFP), а у методичному плані було введено термін «дослідження майбутнього» (Forward Looking Activities, FLA), що об'єднав чотири взаємодоповнюючі напрями, а саме: форсайт, прогнозування, сканування горизонтів та оцінку управління [123–125]. У 2013 р. у рамках Європейського форуму з досліджень майбутнього (European Forum for Forward-Looking Activities, EFFLA) було констатовано, що дослідження майбутнього будуть використовувати всі різноманітні підходи, які довели свою ефективність, у тому числі: (1) системний / повний цикл проведення форсайт-досліджень протягом чотирьох років (підготовка урядового форсайту, доповіді, впровадження, наступного раунду передбачення); реалізація двохетапного підходу, зосередження на визначенні мегатрендів під час виконання етапу «розуміння», виконання форсайтних тем і робіт, а етап розробки стратегії повинен бути пов'язаний з формулюванням доповіді та її реалізації, в тому числі проведенні експериментів); (2) сканування програми «Горизонт 2020» і проекти, спрямовані на подолання короткострокових викликів (на відміну від більш усталеної форми форсайту); (3) використання «Великих даних» і Web 2.0, онлайн-опитувань, експертних панелей, методу Дельфі; (4) бібліометрію для визначення пов'язаних дисциплін і зосередження уваги на майбутніх дослідженнях на кордонах між дисциплінами (що відображають майбутні потреби), обстеження, консультації, виявлення тенденцій, включаючи приховані тенденції), а також оцінка «трансформаційного потенціалу» кластерів трендів за допомогою колективної уяви та експериментування; (5) сценарії успіху (хоча це передбачає рівень зрілості й участі з боку основних зацікавлених сторін) [125, с. 10–11]. При цьому у 2014–2015 рр. все більшого поширення набувають потужні інструменти «розумного» пошуку, кількісного та якісного аналізу експертних даних, що значно підвищує точність прогнозних моделей і відповідність їх реальним процесам.

У країнах ЄС, крім власне форсайт-проектів (а саме з визначення трендів розвитку у науці, технологіях та інноваціях – VERA, EFP, FARRHORIZON, CIVISTI, SESTI, IKNOW, INFU, SANDERA тощо), виконується ще низка проектів з елементами досліджень майбутнього, зокрема: European Research Area (ERA-Net), спільні програмні ініціативи (Joint Programming Initiatives, JPIs) і технологічні платформи (наприклад, у форматі технологічних дорожніх карт). При цьому зі зростанням кількості і різноманітності подібних проектів

у всьому світі зростають і вимоги до забезпечення більш ефективного доступу до інформації про дослідження, що виконуються, та взаємного обміну досвідом.

Крім того, слід брати до уваги й досвід проведення національних форсайт-досліджень низкою розвинених європейських країн. Так, у Великобританії було проведено три форсайт-дослідження, організовані урядом [126–128]. Так, програма «Форсайт 1» (1993–1998 рр.) враховувала лише технологічні та ринкові перспективи, а «Форсайт 2» (1999–2001 рр.) та «Форсайт 3» (2002 р.) характеризуються інтеграцією технологічних, ринкових і соціальних проблем, а також залученням широкого кола учасників. Очолює програму Урядовий комітет, в який входять представники 17 міністерств і відомств. «Форсайт 1» була побудована за дисциплінарним принципом, тобто було сформовано 16 тематичних комісій, до складу яких увійшли експерти з промисловості, університетів і держсектора. Практично всі комісії очолювалися представниками великих компаній. У першій програмі на основі результатів методу Дельфі (опитування було проведено серед семи тисяч фахівців) була складена матриця із 27 пріоритетних напрямів, розбитих на елементи, що представляють ринкові можливості для Великобританії, а також наукові та промислові можливості для їх досягнення. Згодом метод Дельфі у британських форсайт-проектах більше не використовувався.

У другій програмі «Форсайт 2» поряд із раніше встановленими цілями – підвищенням конкурентоспроможності та поліпшенням якості життя була сформульована ще одна мета – досягнення сталого розвитку. Було також розширено склад учасників і посилено міждисциплінарний підхід (створено 3 нових тематичних комісії – проблеми старіння населення, попередження злочинів, обробна промисловість, а інші 15 галузевих комісій об'єднані в 11).

У 2002 р. після всебічної оцінки результатів попереднього періоду почався новий етап, одним із головних завдань якого було прискорення програми, більш швидке реагування на нові виклики та можливості. Замість 11 тематичних груп, що охоплюють широкі сектори і діють більше п'яти років, сформована «рухлива» програма, кожен етап якої складається з максимум 4 підпрограм тривалістю від 9 до 18 місяців. При цьому проекти повинні підходити під дві найважливіші категорії: (1) найбільш актуальні проблеми соціально-економічного розвитку, де наука може запропонувати можливі рішення; (2) найбільш перспективні галузі науки.

У Німеччині було проведено два раунди Дельфі – у 1993 р. і 1998 р. [129–131], результати яких були використані при формуванні державної науково-технічної політики. Ініціатором їх було Федеральне міністерство з освіти, нау-

ки, досліджень і технологій, а проводив Інститут систем та інноваційних досліджень Фраунхофер в Карлсруе. Загальна мета цих обстежень – не прогнозувати майбутнього, а підготовка можливих сценаріїв і збір інформації для прийняття рішень, а також підготовка наукової бази для загальнонаціональної дискусії з питань формування майбутнього країни. Результатом форсайтних досліджень у тісній співпраці з японськими колегами («Дельфі-93» та «Дельфі-98») стала своя унікальна програма FUTUR [132; 133] (інша назва – «Німецький дослідний діалог»), що надає можливість формувати стратегічне бачення для Міністерства освіти і науки на наступні 20 років.

У Франції проведення технологічного форсайту в 1999–2000 рр. здійснювалося у 4 етапи [129; 134]. Відмінна риса французького форсайту – його організація у двох паралельних взаємодоповнюючих напрямках. Перший з них реалізовувався Міністерством вищої освіти і досліджень і проводився за методом Дельфі із широким залученням експертів (близько 3,5 тис.). Його стратегічною метою було вивчення важливих технологічних розробок у різних областях, які цікавитимуть економіку та суспільство. Другий напрямок курирувався Міністерством промисловості, і мета його полягала у вивченні технологій, критично важливих для французької промисловості у найближчі 30 років. Як методична основа дослідження використовувався бібліометричний і патентний аналіз, а також експертні оцінки.

В Японії, також на цей час накопичено великий досвід підготовки прогнозів і ефективного використання їх результатів при формуванні національної політики у галузі науки і технологій, виборі її пріоритетів та обліку їх впливу на інші сфери життєдіяльності суспільства. У 1970 р. Агентство з науки і техніки в Японії (Japan Science and Technology Agency, JSTA) зробило першу спробу довгострокового (на 30 років) прогнозування майбутнього науки і технології [135]. З використанням анкет Дельфі було опитано кілька тисяч експертів, що представляють промисловість, університети й урядові організації, про можливі інновації або технологічні розробки, їх важливість і ймовірні обмеження для реалізації. Результати цих опитувань (з метою вироблення рішень Ради з науки і технології Японії про майбутню державну політику в галузі науки і технології) використовувалися у двох основних напрямках: (1) збору основних даних для планування досліджень і розвитку, зокрема огляду довгострокових технологічних тенденцій і визначення технологій; (2) моніторингу поточного стану науки та технологій, включаючи рівень науково-технічної діяльності в Японії порівняно з іншими країнами і виявляючи області, де необхідне міжнародне співробітництво, і визначаючи фактори, що стримують технологічний розвиток.

Починаючи з 1971 р. результати форсайту визначають прогноз розвитку науки і технологій у країні на найближчі 30 років [136], при цьому результати «коригуються» кожні 5 років. Розробка прогнозу складається з двох етапів. Спочатку, ґрунтуючись на аналізі тенденцій у світовій науці і техніці, японські фахівці складають перелік найбільш вагомих інноваційних досягнень, які в доступному для огляду майбутньому очікуються в науці і технологіях. До таких досягнень вони відносять: (1) з'ясування механізму маловивчених явищ; (2) розробку нових технічних об'єктів або технологічних процесів; (3) початок практичного використання нових методів або технологій; (4) значне поширення тих чи інших інновацій. У сьомому, восьмому і дев'ятому прогнозах, крім науково-технологічної сфери, представлена більш широка тематика, яка включає також питання організації, управління та соціальної інфраструктури [137; 138]. Як правило, перелік включає у себе близько 1000 конкретних тематичних позицій. Далі до роботи підключають експертів, які в спеціально підготовлених анкетах вказують на значущість прогнозованих досягнень для японського суспільства, відображають свою думку щодо проблем, пов'язаних з їх практичною реалізацією, прогнозують її терміни. Результати проведених форсайтних досліджень повністю враховуються під час підготовки п'ятирічних Базових планів розвитку науки і техніки Японії.

Таким чином, основні етапи японського форсайту полягають у такому: (1) проведення аналізу тенденцій у світовій науці та техніці; (2) складання списку перспективних «тем» економічного, науково-технічного і соціального розвитку; (3) опитування експертів за методом Дельфі; (4) ранжирування обраних тем за ступенем їх інноваційної значущості; (5) складання переліку національних науково-технічних пріоритетів і критичних технологій.

У Росії історія форсайт-досліджень налічує вже майже 15 років. У розділі 2 нами достатньо докладно були розглянуті три основних цикли російсько-науково-технологічного форсайту, а саме: другий Довгостроковий прогноз науково-технологічного розвитку Російської Федерації на період до 2025 р. розроблявся в рамках Федеральної цільової програми «Дослідження і розробки за пріоритетними напрямками розвитку науково-технологічного комплексу Росії на 2007–2012 рр.» із застосуванням методів «критичні технології», «експертні панелі», «сценарії», а також за безпосередньою підтримкою з боку Федерального агентства з науки та інновацій. Результати третього Довгострокового прогнозу науково-технологічного розвитку Російської Федерації на період до 2030 р. були затверджені у 2014 р., і на їхній основі було прийнято державну програму РФ «Розвиток науки і технологій» на 2013–2020 рр.

У цьому прогнозі передбачалося суміщення дослідницького («technology push») і нормативного («market pull») підходів до прогнозування.

Як вказують фахівці російського Міжнародного науково-освітнього форсайт-центру Національного дослідницького університету «Вища школа економіки», таке суміщення підходів передбачало: (1) «... пошук продуктів і технологій проривного характеру, спроможних докорінно змінити існуючу виробничу та економічну парадигму («молоді паростки» на існуючому технологічному «полі»); (2) використання проблемно-орієнтованого (ринкового) підходу, в рамках якого для обраних науково-технологічних напрямів спочатку визначаються ключові проблеми, виклики і вікна можливостей, а потім – відповідні рішення в термінах «пакетів технологій» або інших відповідей на поставлені виклики і проблеми» [98, с. 17].

Проблемою третього циклу прогнозування стала необхідність формування мережі комунікаційних пощадок (які б охоплювали тисячі провідних експертів – вчених, інноваторів, маркетологів) за рахунок, наприклад, створення на базі провідних вишів інфраструктури центрів прогнозування по визначених шести напрямках розвитку: ІКТ, індустрія наносистем, науки про життя, енергетика і енергоефективність, транспортні та космічні системи, раціональне природокористування. Для оцінки проміжних і фінальних результатів форсайт-дослідження було зроблене таке: (1) сформовані робочі групи експертів вищого рівня (більше 120 вчених зі світовими іменами); (2) створені розширені робочі групи, що включали представників науки, держави, бізнесу, експертної спільноти загальною чисельністю більше 800 осіб; (3) організована експертна панель з валідації результатів прогнозу, яка охоплювала більше 30 відомих закордонних спеціалістів у галузі довгострокового прогнозування та інноваційної політики із міжнародних форсайт-центрів (Університет Манчестера, Інститут перспективних технологічних досліджень Об'єднаного дослідницького центру ЄС, ОЕСР, ЮНІДО та ін.).

У результаті виконання вказаного вище форсайт-дослідження були одержані: (1) перелік інноваційних проривних технологій і продуктових груп за найважливішими напрямками розвитку науки і техніки, які в перспективі до 2020–2030 рр. можуть привести до виникнення нових ринків, а також пакети технологій, що забезпечують відповідь на проблеми та виклики, які існують у тих чи інших областях науки та технологій або секторах економіки; (2) сформований прогноз довгострокового соціально-економічного розвитку Росії до 2030 р. з урахуванням перспектив динаміки науки та технологій, секторів економіки; (3) дорожні карти по визначених секторах економіки і напрямках

розвитку науки та технологій; (4) оцінка ресурсного забезпечення фундаментальної науки та системи заходів науково-технічної політики з метою її випереджального розвитку; (5) організація мережі галузевих центрів прогнозування за найважливішими напрямками науки та технологій, секторів економіки; (6) аналітичні матеріали по відповідних тематичних областях; (7) широкі обговорення результатів форсайт-дослідження на створених експертних площадках [98, с. 22].

Тобто в сучасних форсайт-дослідженнях, перш за все, слід виділити виявлення і дослідження так званих глобальних викликів (Grand Challenges) – «... надзвичайно масштабних і складних проблем, з якими людство вже стикнулося і вплив яких у середньо- і довгостроковій перспективі, як очікується, буде посилюватися. Вони носять міждисциплінарний характер і потребують координації дій різних органів управління на всіх рівнях – від міжнародного до окремих регіонів. При цьому роль форсайту полягає не тільки і не стільки у виявленні «великих викликів», скільки у пошуку «великих відповідей» (Grand Responses), тобто таких заходів і інструментів політики, які будуть сприяти вирішенню цих проблем найбільш ефективним способом» [98, с. 14]. Як наслідок, визначення за допомогою форсайту тільки тематичних областей науки і технологій, які повинні одержати перевагу під час розподілу бюджетних і позабюджетних коштів, сьогодні вже не відповідає складності і комплексності наявних «великих викликів» і «великих відповідей».

Сьогодні у складі пріоритетів науково-технологічного розвитку, перш за все, розглядаються: (1) системні цільові орієнтири на макрорівні, що враховують вплив на сферу науки та технологій політичних, економічних і соціальних умов; (2) функціональні пріоритети, пов'язані з факторами розвитку національної науково-технічної та інноваційної політики та інноваційних систем усіх рівнів; (3) власне науково-технологічні пріоритети.

Моніторинг досліджень майбутнього надає чисельні переваги і політикам, і спеціалістам, оскільки надає можливість: (1) виявити ключових гравців і їх компетенцію; (2) оцінити потенціал і обмеження застосування тих чи інших методів і їх комбінацій; (3) актуалізувати футурологічні дослідження та збільшити попит на них; (4) підвищити якість політичних рекомендацій; (5) розвивати культуру досліджень майбутнього; (6) створювати відповідні професійні мережеві спільноти [139].

У своїх роботах Р. Поппер як основу картування методології форсайт-досліджень пропонує використовувати так званий форсайт-ромб, згідно з яким «... методи, що застосовуються у більшості досліджень, прямують до

одного з чотирьох джерел знань: творчість (creativity), знання та досвід спеціалістів, що залучаються (expertise), взаємодія (interaction) і доведення даних (evidence) [140, с. 63–64]. Він підкреслює, що кожна з цих типів методик має свої переваги та обмеження, а саме: (1) застосування творчих інструментів потребує оригінального мислення і певної уяви; (2) емпіричні методи базуються на знаннях і компетенціях у тих чи інших предметних областях (приклади – експертні панелі, метод Дельфі; певною мірою – дорожні карти, логічні схеми, морфологічний аналіз, ключові технології); (3) інтерактивні методики використовуються з метою одержання додаткової цінної інформації від осіб, що не є експертами (сценарні семінари, голосування, опитування, панелі населення, аналіз стейкхолдерів); (4) доказові механізми є фундаментальними інструментами сканування, пояснення і прогнозування явищ, оцінки фактичного стану проблем, ефектів технологій (бенчмаркінг, бібліометрія, глибинний аналіз інформації, інтерпретація статистичних індикаторів).

Усі вказані методики використовують інформаційні технології, оскільки сьогодні існують багаточисельні програми, що забезпечують різноманітні види моделювання, глибинний аналіз даних, сканування, візуалізацію та організацію партисипативних процесів. Р. Поппер у своєму моніторингу інструментів дослідження майбутнього виділяє ті, що користуються сьогодні найбільшою популярністю у глобальному масштабі, а саме: (1) експертні панелі; (2) аналіз літератури; (3) сценарії; (4) екстраполяції / глобальні тенденції; (5) ключові технології [140, с. 65].

Крім того, картування результатів форсайт-досліджень включає, як правило, такі етапи: (1) передбачення; (2) підготовка рекомендацій; (3) здійснення перетворень [140, с. 69–72]. На етапі «передбачення» повинні бути одержані: (1) картини майбутнього, сценарії і прогнози, що описують декілька сюжетних ліній і кінцевих станів до певного часового горизонту; (2) критичні технології, які відіграють ключову роль у розвитку дослідження; (3) технологічні, економічні, екологічні, політичні, соціальні й етичні фактори, тобто рушійні сили, глобальні та локальні тенденції; (4) SWOT-аналіз (переваг, недоліків, можливостей і загроз), пов'язаний з оцінкою зовнішніх аспектів, і визначені «великі виклики» як масштабні явища і тенденції; (5) джокери (wild cards як малоімовірні явища, що радикально змінюють зовнішній контекст) і слабкі сигнали – явища і тенденції, що важко прочитати; (6) маршрути, що визначають можливі предметні області та їх компоненти, і дорожні карти – чіткі часові плани вирішення конкретних проблем (технологічних, правових, політичних тощо); (7) моделі (кількісні і якісні), що відтворюють властивості

іншого об'єкта, та структури, які слугують картою, що синхронізує різні аспекти форсайт-процесу.

Другим етапом одержання результатів форсайт-дослідження є «рекомендації», що включають: (1) політичні програми та заходи, пов'язані із перетвореннями стратегічного характеру (зміни до законів, наукові дослідження, політичні ініціативи, бізнес-стратегії); (2) розробку ініціатив і залучення нових діючих осіб (форуми для обміну інформацією, наукові проекти, програми, робочі групи, центри компетенцій тощо); (3) інтеграцію і розповсюдження проведених прогностичних оцінок; (4) інвестиції і навчання (вкладення у матеріальні та нематеріальні активи); (5) альянси та синергетичний ефект (генерація нових знань, їх ефективна трансляція і застосування, партнерство між наукою і промисловістю); (6) дослідницькі рекомендації (пропозиції з розвитку науки у пріоритетній сфері або продовження власне досліджень майбутнього).

Третім результуючим етапом форсайту є «одержання результатів», що включає: (1) одержання ефекту від ресурсного (кадри, інфраструктура, технологія) та управлінського (стратегічне лідерство, ноу-хау) потенціалу спонсорів, а також удосконалення навичок, що включають базові (моніторинг, критичне і творче мислення), системні (асоціативне та структурне мислення), технічні (розробка технологій і інструментарію), управлінські, комунікаційні і соціальні; (2) виявлення нових пріоритетів і розробка нових стратегій, які є інструментом впровадження рекомендацій; (3) потенціальну зміну парадигми (наприклад, еволюційний перехід від індустріального суспільства до інформаційного, заснованого на знаннях, а в перспективі – і до суспільства «мудрості»); (4) трансформацію соціально-економічних, науково-технічних та інноваційних систем, що надає певні орієнтири політиці і стратегіям, залученню ключових гравців, виявленню ризиків і можливостей; (5) вплив на поведінку, відношення до способу життя; (6) появу нових інтелектуальних продуктів (монографій, наукових статей, баз даних тощо) і послуг (наукові консультації, управління ризиками тощо) [140].

Таким чином, аналіз публікацій вітчизняних і зарубіжних джерел, присвячених дослідженню теоретичних і практичних аспектів застосування методології форсайт, показав, що існує необхідність подальшого вдосконалення і автоматизації методології форсайт з метою прогнозування і виділення найбільш перспективних напрямів розвитку новітніх міждисциплінарних науково-технічних досліджень і конвергентних технологій, наприклад нанотехнологій, що мають революційний вплив на сучасне суспільство.

3.2. Досвід прогнозування напрямів науково-технічної та інноваційної діяльності в Україні

В Україні проводяться фундаментальні та прикладні дослідження прогнозування і вибору пріоритетів у сфері науки і технологій. В той же час проблема уточнення цих пріоритетів, особливо з розвитком і впровадженням конвергентних технологій, постійно перебуває у сфері уваги науковців і потребує корегування відповідно до глобальних проблем, які необхідно вирішувати будь-якій країні, в тому числі і з урахуванням національної специфіки прояву цих проблем, а також відповідно до наявного потенціалу і можливостей проведення вказаних досліджень [10; 141–146].

Крім того, порівняно низька результативність виконання українських програм у попередні роки з погляду комерціалізації результатів досліджень суттєво уповільнюють формування шостого технологічного укладу і не дозволяють швидко й ефективно підвищити конкурентоспроможність й інвестиційну привабливість держави у світі та реформувати на цій основі українську економіку в цілому.

Історію прийняття в Україні законодавчих актів, що визначали б пріоритетні напрями розвитку науки і техніки, можна викласти таким чином [10, с. 325–327; 142]:

- 1) у 1991 році був прийнятий Закон України «Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності» [147], який заклав основи державної політики в науково-технологічній сфері, визначив основні механізми її формування і реалізації;
- 2) у 2001 р. було прийнято Закон України «Про пріоритетні напрями науки і техніки» [148] з новими пріоритетами і в якому було прописано механізм реалізації цих пріоритетів – через систему державних науково-технічних програм із пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки;
- 3) з 2004 р. до 2006 р. виконання «Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку на 2004–2006 рр.» дозволило сформуванню ієрархії науково-технічних та інноваційних пріоритетів на довго-, середньо- та короткострокову перспективу [149–151]. Але фінансування цієї програми було скорочено майже вдвічі, а її реалізацію у 2006 р. призупинено;
- 4) у 2007 р. була затверджена і виконувалась «Державна програма прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008–2012 рр.», затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 11 вересня 2007 р. № 1118 [152], виконання якої на базі УкрІНТЕІ дозволило відпрацювати

- технологію виявлення та уточнення технологій за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки [153; 154]. Але у 2011 р. Постанова втратила чинність на підставі постанови КМУ від 22.06.2011 № 704 «Про скорочення кількості та укрупнення державних цільових програм» [155];
- 5) у червні 2010 р. Верховна Рада України прийняла нову редакцію *Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»* [156];
- 6) у вересні 2011 р. було прийнято *Постанову Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року»* від 07.09.2011 № 942 [157];
- 7) у 2015 р. було прийнято Закон України, який спрямований на врегулювання відносин, пов'язаних з провадженням наукової і науково-технічної діяльності, та створення умов для підвищення ефективності наукових досліджень і використання їх результатів для забезпечення розвитку всіх сфер суспільного життя [158]. В той же час цей Закон безпосередньо не визначає пріоритети науково-технічної діяльності і потребує прийняття окремого закону України, який би законодавчо закріпив середньо- і довгострокові пріоритети у цій сфері.

У табл. 3.1 наведено порівняння пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки, що були затверджені у відповідних редакціях цього Закону та у вказаній Постанові Кабінету Міністрів України [10; 142–150]. Як видно з табл. 3.1, затверджені пріоритети тільки в редакції 2011 р. мають достатній ступінь деталізації, важливість яких була визнана на рівні Кабінету Міністрів України. У вказаній таблиці курсивом виділені ті пріоритети, які безпосередньо пов'язані з конвергентними технологіями, що утворюють ядро майбутнього шостого технологічного укладу.

Крім того, Постановою Бюро Президії НАН України від 31.01.2008 № 23 [10; 142; 143; 159] було затверджено Перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок, відповідність яких глобальним проблемам людства наведено у табл. 3.2. Курсивом виділені перспективні розробки, що проводяться на основі конвергентних технологій.

Розвиток інноваційної діяльності в Україні також супроводжувався низкою законодавчих і нормативних актів, виконання яких, як правило, не підкріплювалося належним фінансуванням, а часто і зовсім ігнорувалося виконавчими органами [160–169]. Так, *Законом України «Про інноваційну діяльність»* від 04.07.2002 р. 40-IV (зі змінами) вперше було визначено поняття інноваційного продукту та інноваційної продукції [160]:

Таблиця 3.1

Співставлення пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки, затверджених в редакціях Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» 1992, 2001 та 2010 рр. та Постанові КМУ від 07.09.11 № 942

1992 р.	2001 р.	2010 р.	2011 р.
1	2	3	4
Відсутні	Фундаментальні дослідження з найбільш важливих проблем природничих, суспільних та гуманітарних наук	Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави	Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України та сталого розвитку суспільства і держави: 1. <i>Найважливіші проблеми фізико-математичних і технічних наук*</i> ; 2. <i>Фундаментальні проблеми сучасного матеріалознавства</i> ; 3. <i>Найважливіші проблеми хімії та розвитку хімічних технологій</i> ; 4. <i>Фундаментальні проблеми наук про життя та розвиток біотехнологій</i> ; 5. <i>Фундаментальні дослідження з актуальних проблем суспільних та гуманітарних наук</i>
Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, системи зв'язку	Нові комп'ютерні засоби і технології інформатизації суспільства	Інформаційні та комунікаційні технології	Інформаційні та комунікаційні технології: 1. Нові апаратні рішення для перспективних засобів обчислювальної техніки, інформаційних та комунікаційних технологій; 2. <i>Інтелектуальні інформаційні та інформаційно-аналітичні технології. Інтегровані системи баз даних та знань. Національні інформаційні ресурси</i> ; 3. <i>Суперкомп'ютерні програмно-технічні засоби, телекомунікаційні мережі та системи. Грід- та клауд-технології</i> ; 4. <i>Технології та засоби розробки програмних продуктів і систем</i> ; 5. <i>Технології та засоби математичного моделювання, оптимізації та системного аналізу розв'язання надскладних завдань державного значення</i> ; 6. <i>Технології та інструментальні засоби електронного урядування. Інформаційно-аналітичні системи, системи підтримки прийняття рішень. Ситуаційні центри</i> ; 7. <i>Технології та засоби захисту інформації</i>

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
<p>Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології</p> <p>Виробництво, переробка та збереження сільськогосподарської продукції</p>	<p>Найновіші технології ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості і агропромисловому комплексі</p>	<p>Енергетика та енергоефективність</p>	<p>Енергетика та енергоефективність:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Технології ефективного енергозабезпечення будівель і споруд; 2. Технології електроенергетики; 3. Технології атомної енергетики; 4. Технології енергетичного машинобудування; 5. <i>Технології використання нових видів палива, сквидних енергоресурсів, відновлюваних та альтернативних джерел енергії. Теплонасосні технології;</i> 6. Нанотехнології створення нового покоління мастильних матеріалів для промисловості. Технології та засоби експертно-аналітичного контролю якості моторних палив (автомобільних бензинів та дизельного палива згідно з вимогами «Євро-4», «Євро-5»; скрапленого нафтового газу і біопалива); 7. Способи застосування сучасного енергоменеджменту. Технології забезпечення енергобезпеки
<p>Охорона навколишнього природного середовища</p>	<p>Збереження навколишнього середовища, усталений розвиток</p>	<p>Рациональне природокористування</p>	<p>Рациональне природокористування:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Технології сталого використання, збереження і збагачення біоресурсів та покращення їх якості і безпечності, збереження біорізноманіття; 2. <i>Технології моделювання та прогнозування стану навколишнього природного середовища;</i> 3. <i>Технології утилізації та видалення побутових і промислових відходів;</i> 4. <i>Технології раціонального водокористування, підвищення ефективності очищення стічних вод та запобігання забрудненню водних об'єктів;</i> 5. <i>Технології очищення та запобігання забрудненню атмосферного повітря;</i> 6. Технології раціонального використання ґрунтів і збереження їх родючості; 7. Технології виявлення і оцінки корисних копалин, їх раціонального екологічно безпечного видобування; 8. Перспективні технології агропромислового комплексу та переробної промисловості

Закінчення табл. 3.1

1	2	3	4
Здоров'я людини	Найновіші біотехнології; діагностика і методи лікування найбільш розповсюджених захворювань	Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань	<p>Науки про життя, нові технології профілактики та лікування найпоширеніших захворювань;</p> <p>1. Цільові дослідження з питань гармонізації системи «людина-світ» та створення новітніх технологій покращення якості життя;</p> <p>2. Створення стандартів і технологій запровадження здорового способу життя, технології підвищення якості та безпеки продуктів харчування;</p> <p>3. Проблеми розвитку особистості, суспільства, демографія та соціально-економічна політика;</p> <p>4. <i>Геномні технології в біомедицині та сільському господарстві;</i></p> <p>5. <i>Молекулярні біотехнології створення нових організмів та продуктів для сільського господарства, фармацевтичної та харчової промисловості;</i></p> <p>6. <i>Конструювання та технології створення нових лікарських засобів на основі спрямованого дизайну біологічно активних речовин та використання наноматеріалів;</i></p> <p>7. <i>Технології створення молекулярно-діагностичних систем та терапевтичних засобів, ферментних та бактеріальних препаратів</i></p>
Нові речовини та матеріали	Нові речовини і матеріали	Нові речовини і матеріали	<p>Нові речовини і матеріали:</p> <p>1. <i>Цільові дослідження з отримання нових матеріалів, їх з'єднання і оброблення;</i></p> <p>2. Створення та застосування технологій отримання, зварювання, з'єднання та оброблення конструкційних, функціональних і композиційних матеріалів;</p> <p>3. <i>Створення та застосування нанотехнологій і технологій наноматеріалів;</i></p> <p>4. Створення та застосування технологій отримання нових речовин хімічного виробництва</p>

* Курсивом виділені перспективні розробки, що проводяться на основі конвергентних технологій

Джерело: сформовано автором на основі [10; 142–150]

Таблиця 3.2

Відповідність найважливіших напрямів наукових досліджень та розробок НАН України глобальним проблемам людства

Глобальна проблема людства	Напрямок наукових досліджень	Розробки
1	2	3
Депопуляція і старіння населення	1. Новітні біотехнології для охорони здоров'я, фармакології та АПК	<p>1.1. Клітинні та молекулярні технології для медицини та сільськогосподарства*;</p> <p>1.2. Генноінженерні технології з використанням рекомбінантних білків для діагностики та лікування інфекційних та інших поширених захворювань;</p> <p>1.3. Методи молекулярної діагностики спадкових та злоякісних захворювань;</p> <p>1.4. Нове покоління лікарських препаратів для профілактики та лікування серцево-судинних, неврологічних й інфекційних захворювань;</p> <p>1.5. Створення системи виявлення та моніторингу генетично модифікованих організмів на ринку України;</p> <p>1.6. Створення ефективної системи протидії біоагрозам різноманітного походження, а саме: біобезпека, пов'язана з ліками, епідеміями, проявами біотероризму</p>
Нестача продовольства	2. Високопродуктивне сільське господарство	<p>2.1. Генетика і селекція високопродуктивних сільськогосподарських культур і тварин;</p> <p>2.2. Економіко-правові проблеми забезпечення ефективного агропромислового виробництва та розвитку сільських територій;</p> <p>2.3. Якісна і безпечна продукція рослинництва і тваринництва для продуктів харчування і промислової сировини;</p> <p>2.4. Системи дистанційного моніторингу стану ґрунтів і посівів сільськогосподарських культур</p>
Екологічні проблеми	3. Раціональне використання природно-ресурсного потенціалу	<p>3.1. Наукове забезпечення ефективних методів і технологій пошуку, суттєвого збільшення розвіданості запасів та екологічно-безпечного видобутку корисних копалин в Україні;</p> <p>3.2. Розробка та впровадження засад екологічної політики держави на принципах сталого розвитку;</p> <p>3.3. Збереження біотичного та ландшафтного різноманіття і подальша розбудова національної екологічної мережі;</p> <p>3.4. Прогнозування змін клімату на системній основі та виконання Україною зобов'язань за Кіотським протоколом до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату;</p> <p>3.5. Проблеми поводження з відходами та розробка і впровадження засад екологічно чистого виробництва</p>

Продовження табл. 3.2

1	2	3
Енергетика та енергозбереження; Вичерпання запасів ряду видів сировини і палива	4.1. Паливно-енергетичний комплекс та енергозбереження	4.1.1. Економіко-правове забезпечення розвитку енергетики; 4.1.2. Проблеми інтеграції об'єднаної енергетичної системи України в трансєвропейську енергетичну систему; 4.1.3. Комплексна модернізація комунальної теплоенергетики; 4.1.4. Ефективне використання та подовження ресурсу газотранспортної системи; 4.1.5. <i>Енергоощадні твердотільні джерела світла</i> ; 4.1.6. Підвищення надійності та подовження ресурсу енергетичного обладнання та систем; 4.1.7. <i>Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії</i>
	4.2. Ядерна енергетика	4.2.1. Подовження ресурсу служби, модернізація, реконструкція ядерних енергоблоків з метою підвищення їх безпеки і ефективної експлуатації; 4.2.2. Створення елементів ядерно-паливного циклу України; 4.2.3. Поводження з відпрацьованим ядерним паливом і радіоактивними відходами; 4.2.4. <i>Нові ядерно-енергетичні джерела енергії з високою ефективністю і гарантованою керованістю</i>
Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	5.1. Наноматеріали і нанотехнології	5.1.1. <i>Наноструктурні матеріали з заданими властивостями, технологічне обладнання</i> ; 5.1.2. <i>Наноелектроніка</i> ; 5.1.3. <i>Нанохімічні та нанобіологічні технології</i>
	5.2. Інформаційні технології та ресурси	5.2.1. <i>Впровадження грид-технологій на базі інформаційно-обчислювальної мережі для потреб медицини, фармакології, генетичної інженерії, досліджень у галузі фізики високих енергій та астрофізики</i> ; 5.2.2. <i>Теорія, моделі, методи і технічні засоби оптимізації та системного аналізу для вирішення задач трансобчислювальної складності (екологія, функціонування ринкової економіки, демографічні процеси)</i> ; 5.2.3. <i>Розробка конкурентоспроможного програмного забезпечення для комп'ютерних технологій та систем; захист інформації у комп'ютерних системах</i> ; 5.2.4. <i>Управління складними системами</i> ; методи та засоби підтримки інформаційно-аналітичної діяльності та прийняття рішень державними органами управління; 5.2.5. <i>Розвиток національних інформаційних ресурсів та освоєння світових джерел наукової інформації</i>

Закінчення табл. 3.2

1	2	3
	<p>5.3. Нові матеріали, методи їх з'єднання та обробки</p>	<p>5.3.1. Конструкційні металеві та композиційні матеріали для важкого, транспортного, хімічного і енергетичного машинобудування, авіаційної та космічної техніки; 5.3.2. Функціональні матеріали для електроніки, приладобудування та медицини; 5.3.3. Матеріали для породоруйнівного і ріжучого інструменту 5.3.4. Матеріали для джерел струму і водневої енергетики; 5.3.5. Ресурсо- та енергозберігаючі технології виробництва і з'єднання матеріалів; 5.3.6. Інженерія поверхні; 5.3.7. Методи і засоби технічної діагностики матеріалів і конструкцій тривалої експлуатації (мости, газотранспортні системи, ємності для нафто- та газозбереження); 5.3.8. Сорбційні матеріали широкого призначення; 5.3.9. Речовини та матеріали для побутової хімії та харчової промисловості</p>
	<p>5.4. Машинобудування та приладобудування</p>	<p>5.4.1. Виробництво сучасної ракетно-космічної та авіаційної техніки, суден і електровозів нового покоління; 5.4.2. Диспетчерські системи, системи локації в різних середовищах; 5.4.3. Побутова і комунальна електронна техніка та технологічні процеси виготовлення її елементів; 5.4.4. Лазерна техніка та обладнання, технологічні процеси їх застосування; 5.4.5. Діагностичні та лікувальні програмно-технічні комплекси; 5.4.6. Бурове нафтогазове обладнання</p>

* Курсивом виділені перспективні розробки, що проводяться на основі конвергентних технологій

Джерело: сформовано автором на основі [10; 142; 143; 159]

- у ст. 14 вказано, що «інноваційний продукт є результатом виконання інноваційного проекту і науково-дослідною і (або) дослідно-конструкторською розробкою (НДДКР) нової технології (в тому числі – інформаційної) чи продукції з виготовленням експериментального зразка або дослідної партії і відповідає таким вимогам: (а) він є реалізацією (впровадженням) об'єкта інтелектуальної власності (винаходу, корисної моделі, промислового зразка, топографії інтегральної мікросхеми, селекційного досягнення тощо), на які виробник продукту має державні охоронні документи (патенти, свідоцтва) чи одержані від

власників цих об'єктів інтелектуальної власності ліцензії, або реалізацією (впровадженням) відкриттів. При цьому використаний об'єкт інтелектуальної власності має бути визначальним для даного продукту; (б) розробка продукту підвищує вітчизняний науково-технічний і технологічний рівень; (в) в Україні цей продукт вироблено (буде вироблено) вперше, або якщо не вперше, то порівняно з іншим аналогічним продуктом, представленим на ринку, він є конкурентоспроможним і має суттєво вищі техніко-економічні показники»;

- у ст. 15 визначено, що «інноваційною продукцією може бути визнана продукція, яка відповідає таким вимогам: (а) вона є результатом виконання інноваційного проекту; (б) така продукція виробляється (буде вироблена) в Україні вперше, або якщо не вперше, то порівняно з іншою аналогічною продукцією, представленою на ринку, є конкурентоспроможною і має суттєво вищі техніко-економічні показники». При цьому «інноваційна продукція може бути результатом тиражування чи застосування інноваційного продукту», а також нею «... може бути визнано інноваційний продукт, якщо він не призначений для тиражування».

У квітні 2004 р. «... з метою забезпечення сприятливих умов для створення і розвитку наукоємних технологій і на цій основі широкомасштабної модернізації національної економіки» було прийнято Закон України «Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій» від 09.04.2004 № 1676-IV, яким визначені основні поняття, пов'язані з високотехнологічним виробництвом, в тому числі: (1) «високі наукоємні технології (далі – наукоємні технології) – технології, що створюються на підставі результатів наукових досліджень і науково-технічних розробок, забезпечують виготовлення високотехнологічної продукції, сприяють запровадженню високотехнологічного виробництва на підприємствах базових галузей промисловості; (2) високотехнологічна продукція – продукція, виготовлена вітчизняними підприємствами із застосуванням наукоємних технологій, конкурентоспроможна з кращими зразками аналогічної продукції іноземного виробництва; (3) високотехнологічне виробництво – виробництво, в якому застосовуються наукоємні технології» [161].

Вказана Загальнодержавна програма була спрямована на «... реалізацію проектів з розроблення наукоємних технологій та впровадження таких технологій на підприємствах базових галузей промисловості за пріоритетними напрямими інноваційної діяльності, визначеними Законом України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», при цьому до основних заходів програми відносились: (1) модернізація електростанцій; створення

об'єктів альтернативної енергетики, альтернативних видів рідкого та газового палива; використання вторинних енергетичних ресурсів; розроблення новітніх ресурсозберігаючих технологій; (2) розвиток машинобудування та приладобудування як основи високотехнологічного оновлення всіх галузей виробництва; розвиток високоякісної металургії; (3) розвиток нанотехнологій і мікроелектроніки, створення і впровадження інформаційних технологій та телекомунікаційних систем; (4) удосконалення хімічних технологій, розроблення та застосування нових матеріалів, розвиток біотехнологій; (5) розроблення наукоємних технологій для розвитку сільського господарства і переробної промисловості; (6) створення сучасних транспортних систем; (7) застосування наукоємних технологій у сфері охорони навколишнього природного середовища та оздоровлення людини; (8) розвиток інноваційної культури суспільства. На жаль, внаслідок політичних змін, що відбулись наприкінці 2014 р., вказана програма так і не була реалізована.

В результаті виконання «Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку на 2004–2006 рр.» вперше в історії незалежної України були визначені перспективні напрями науково-технологічного та інноваційного розвитку України на довго-, середньо- та короткострокову перспективу [11; 149–151]. У табл. 3.3 наведено співставлення можливостей ефективної реалізації напрямів фундаментальних досліджень, які могли б мати велике значення в довгостроковій (15–20 років) перспективі для України, та глобальних проблем людства. У табл. 3.4 наведено співставлення інноваційного потенціалу розробок і напрямів інноваційної діяльності у середньостроковій (3–5 років) перспективі для України і глобальних проблем людства. У табл. Д.2 Додатка Д наведено співставлення оцінки інноваційного потенціалу розробок і напрямів інноваційної діяльності, які одержали найвищий рейтинг при оцінці експертами важливості для України і глобальних проблем людства [11; 149–151]. Але реалізацію цієї програми у 2006 р. було призупинено.

Другим етапом прогнозування науково-технологічного розвитку України стала *Державна програма прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008–2012 роки*, що була затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 11.09.2007 № 1118 [152]. Український інститут науково-технічної і економічної інформації (УкрІНТЕІ) став базовою організацією, яка забезпечувала організаційний супровід виконання цієї програми. При цьому прогнозно-аналітичні та маркетингові дослідження проводилися за допомогою цільових груп експертів за напрямами «Енергетика та енергоефективність» (у 2008 р.), «Біотехнології» та «Нові матеріали» (у 2009 р.), «Інформаційно-

Таблиця 3.3

Відповідність можливостей ефективної реалізації напрямів фундаментальних досліджень, які могли б мати велике значення в довгостроковій (15–20 років) перспективі для України, глобальних проблем людства

№ з/п	Глобальна проблема людства	Ранування напрямів фундаментальних досліджень		Важливість для України (за 5-бальною системою)	Відповідність вітчизняних досліджень світовому рівню (% підтримки експертами)					Оцінка наявності (% підтримки експертами)				
		№ за прогнозом	Напрямок		випереджаємо	на рівні	відстаємо	наукового лідера	експериментально-технологічної бази	кваліфікованих кадрів	захщеної інтелектуальної власності			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Депопуляція і старіння населення	4	Фізико-хімічна біологія (біоорганічна хімія, молекулярна біологія та гена інженерія, генетика, біофізика)	3,8	8,1	31,1	45,9	39,2	35,1	52,7	28,4			
		8	Нейрофізіологія	3,2	8,1	29,7	32,4	39,2	31,1	43,2	24,3			
2	Нестача продовольства	9	Геноміка та біотехнологія рослин	3,0	4,0	23,0	31,1	29,7	29,7	39,2	24,3			
3	Екологічні проблеми, вирішення завдань з питань сировини і палива	10	Фізика та хімія води	3,0	6,8	31,08	20,27	36,49	32,43	37,84	22,97			
		12	Наукові засади розробки сучасних технологій очистки димових газів від сполук сірки та хлору	2,3	4,0	14,9	35,1	14,9	21,6	28,4	21,6			
4	Енергетика та енергозбереження	1	Енергозбереження, альтернативні джерела енергії, енергогенеруючі технології	4,7	2,7	18,9	66,2	39,2	40,5	67,6	31,1			

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		13	Створення ядерної реактивістської торієвої енергетики	2,4	1,4	12,2	27,2	16,2	21,6	31,1	24,3
		2	Нанofізика, нанобіологія, наноматеріалознавство, нанохімія, нанотехнології	4,3	6,8	37,8	51,4	43,2	43,2	60,8	33,8
		3	Інформаційні технології (апаратне, математичне та програмне забезпечення), методи і технології обробки інформації, високо-продуктивні обчислювальні системи і мережі	4,3	10,8	41,9	41,9	43,2	48,6	56,8	37,8
5	Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	5	Мікроелектроніка, наноелектроніка, нові матеріали для сучасних систем телекомунікації і машинобудування	3,6	4,0	17,6	47,3	35,1	31,1	54,0	29,7
		6	Дослідження в забезпеченні розвитку ракетно-космічної техніки в Україні	3,4	14,9	37,8	14,8	36,5	43,2	56,8	32,4

Закінчення табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		7	Ядерна фізика	3,2	2,7	36,5	29,7	31,1	39,2	45,9	29,7
		11	Каталіз та каталітичні процеси	2,6	4,0	28,4	33,8	25,7	29,7	36,5	20,3
		14	Космічна мінералогія та космохімія	1,8	4,0	12,2	28,4	16,2	17,6	27,0	16,2

Джерело: [11; 141–151]

Таблиця 3.4

Співставлення інноваційного потенціалу розробок і напрямів інноваційної діяльності у середньостроковій (3–5 років) перспективі для України і глобальних проблем людства

№ з/п	Глобальна проблема людства	Ранжування розробок і напрямів інноваційної діяльності		Важливість для України (за 5-бальною системою)	Відповідність вітчизняних досліджень світовому рівню (% підтримки експертами)		Необхідні умови для ефективного промислового використання – наявність: (% підтримки експертами)									
		№ за про-гно-зом	Напря-м інноваційної діяльності		випереджаємо	на рівні	відстаємо	зацікавленого топ-менеджера	підприємства з достатнім рівнем інноваційної культури	кваліфікованих кадрів	ринку збуту	потенційних інвесторів	виробничих площ	патентного захисту	можливостей кооперації та створення мереж	структур
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Депуляція і старіння населення	5	Фізико-хімічна біологія (біоорганічна хімія)	3,4	2,4	28,2	35,3	21,2	23,5	49,4	31,9	30,6	35,3	25,9	28,2	

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			та біохімія, молекулярна біологія та генна інженерія, генетика, біофізика)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Нестача продовольства	8	Геноміка та біотехнологія рослин	1,8	2,4	20,0	12,9	12,9	14,1	23,5	13,8	12,9	20,0	16,5	10,6
3	Екологічні проблеми, вичерпання запасів сировини і палива			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Енергетика та енергозбереження	1	Енергозбереження, альтернативні джерела енергії, енергогенеруючі технології	4,7	2,4	18,8	71,8	36,5	35,3	64,7	46,8	45,9	54,1	40,0	41,2
5		2	Нанофізика, сенсорика, нанобіологія, нанохімія, нано-	4,0	1,2	43,5	40,0	29,4	35,3	64,7	39,4	40,0	47,1	36,5	41,2

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	3	матеріалознавство і нанотехнології												
			Інформаційні технології (апаратне, математичне та програмне забезпечення), методи і технології обробки інформації, високопродуктивні обчислювальні системи і мережі	4,0	1,2	48,2	35,3	36,5	62,4	44,7	45,9	47,1	41,2	45,9	
		4	Мікроелектроніка, наноелектроніка, нові матеріали для сучасних систем телекомунікації і машинобудування	3,4	3,5	17,6	44,7	24,7	30,6	50,6	31,9	32,9	41,2	30,6	31,8

Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		6	Дослідження в забезпеченні розвитку ракетно-космічної техніки в Україні	3,3	17,6	38,8	16,5	36,5	44,7	52,9	38,3	36,3	42,4	30,6	31,8
		7	Технічна діагностика зварних з'єднань (вузлів) конструкцій, які експлуатуються	2	10,6	20,0	3,5	20,0	22,4	27,1	20,2	21,2	21,2	20,0	14,1
		9	Каталіз та каталітичні процеси	1,8	2,4	23,5	9,4	12,9	17,6	27,1	17,0	16,5	17,6	17,6	10,6
		10	Дослідження консолідації нанопорошків алмазу детонаційного і стаціонарного синтезу та cBN (кубічного нітриду бору) в умовах високих тисків та температур	1,4	3,5	25,9	4,7	18,8	18,8	22,4	18,1	17,6	18,8	16,5	11,8

Джерело: [11; 149–151]

Таблиця 3.5

Перелік критичних технологій України, визначений в рамках виконання Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008–2012 рр., УкрІНТЕІ

Напрямок досліджень	Групи технологій	Критичні технології
1	2	3
	Медицина	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технології визначення активності нейтральних протеїназ, нетрипсиноподібних протеїназ, хімази, тоніну, кальпайнів, еластази, ендотеліальної еластази, металоеластази, трипсин- та еластазоінгібіторної активності α-1-інгібітора протеїназ, α-2-макроглобуліна в біологічних рідинах; ▪ технологія одержання рекомбінантного соматроліну (гормон росту); ▪ технологія виявлення відмираючих клітин із застосуванням експрес-тесту при аутоімунних захворюваннях
Біотехнології (2009 р.)	Фармацевтика	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологія виробництва ліпосомальних лікарських продуктів у формі гелю та мазі; ▪ технологія отримання нового вітчизняного антибіотика тейкопланіну
	Промисловість (у тому числі харчова)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Розробка технології одержання ферментів вітчизняного виробництва гліколітичної і про-теолітичної дії; ▪ технологія з використанням речовини, що потенціє пробіотичну дію штамів лакто- та біфідобактерій; ▪ технологія виробництва альтернативних рідких палив на основі біоетанолу для двигунів внутрішнього згоряння; ▪ технологія створення електротрохімічних біосенсорів; ▪ технологія великотоннажного виробництва біоетанолу з відходів сільськогосподарської продукції; ▪ біотехнологія виробництва біоетанолу за допомогою бактерій роду <i>Clostridium</i>
Сільське господарство		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологія одержання <i>in vitro</i> регенерантів гороху з корінням і адаптація їх у ґрунті; ▪ технологія створення диференційно-діагностичних середовищ для мікобактерій туберкульозу різних видів;

Продовження табл. 3.5

1	2	3
<p>Енергетика та енергоефективність (2008 р.)</p>	<p>Когенераційні – підвищення ефективності забезпечення об'єктів сфери промисловості та житлово-комунального господарства електроенергією та теплом</p> <p>Енергозабезпечення будівель і споруд – використання альтернативних джерел енергії для забезпечення теплом житлово-комунального господарства</p> <p>Електроенергетика – ефективне електро- та теплозабезпечення житлово-комунального господарства</p> <p>Нові види палива і енергоресурсу – заміщення споживання нафтопродуктів і природного газу</p> <p>Технології горіння – підвищення ефективності використання хімічної енергії палива та альтернативних джерел енергії, покращення екології довкілля</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ідентифікація генотипів соняшнику, маркування господарсько-цінних ознак за допомогою молекулярно-генетичних маркерів (у стадії розробки); ▪ технологія одержання лікарських і ветеринарних препаратів на основі біологічно активних речовин морських гідробіонтів і наночастинок біометалів; ▪ технологія отримання трансгенних ліній рослин на основі селективних генів рослинного походження <p>Технологія створення енергогенеруючих потужностей на основі комбінованих когенераційних і теплонасосного устаткування</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологія опалення та гарячого водопостачання житлових і комунально-побутових приміщень на основі використання сонячної енергії; ▪ технологія створення енергоефективного екобудинку з використанням відновлюваних джерел енергії ▪ Технологія вдосконалення та структурної оптимізації енергетичних мереж, гармонізація з енергетичною системою країн ЄС; ▪ технологія зменшення втрат в елементах транзитних електричних мереж; ▪ технологія використання модульних систем у малій вітроенергетиці ▪ Технологія отримання моторних палив та метанолу з альтернативної сировини; ▪ технологія отримання синтетичного палива (газу) <p>Технологія виготовлення термо- та корозійостійких теплоізолюючих матеріалів для теплових мереж</p>

Продовження табл. 3.5

1	2	3
	<p>Теплонасосні технології – забезпечення енергозбереження в народному господарстві, утилізація низькопотенційного скидного тепла</p> <p>Енергетичне машинобудування – підвищення ресурсу та зменшення енергоємності обладнання, що експлуатується в енергетиці</p> <p>Композиційні матеріали і способи їхнього отримання</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологія використання парокompресійних теплових насосів; ▪ технологія використання теплоти ґрунту і ґрунтових вод у комбінованих теплонасосних системах; ▪ технологія використання різнорівдних відновлюваних джерел енергії в інтегрованих теплонасосних системах ▪ Технологія використання високотемпературної надпровідності в електричних машинах, апаратах та інших електротехнічних пристроях; ▪ технологія магніторідинної герметизації для значного підвищення експлуатаційного ресурсу обладнання, що застосовується на енергетичному устаткуванні
<p>Нові матеріали (2009 р.)</p>	<p>Конструкційні матеріали і способи їхнього отримання</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологія одержання мідних електролітичних мікропоросків; ▪ розроблення новітньої технології наплення композиційних вуглець-металевих функціональних покриттів на установках типу «Булат»; ▪ вибухова технологія одержання металевих композитів ▪ Технологія створення засобів для тимчасового протикорозійного захисту металопрокату; ▪ виробництво пінобетонних блоків та моновітних стін; ▪ зміцнення поверхні виробів з алюмінієвих сплавів. Зміцнення поверхні і підвищення корозійної стійкості металевих виробів ▪ Застосування гідротермального способу отримання нанопористого вуглецю при високому тиску; ▪ використання потужного лазерного випромінювання для цілеспрямованої модифікації нанопористих матеріалів (TiO₂, SiO₂); ▪ хімічні методи отримання наночастинок із функціональною поверхнею, придатною для приєднання антитіл; ▪ технологія створення флуоресцентних нанозондів для моніторингу фізіологічного стану біологічних об'єктів;

Продовження табл. 3.5

1	2	3
	<p>Функціональні матеріали і способи їхнього отримання</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів; ▪ оптимізована технологія отримання наноструктур на основі сполук AlN/BN для пристроїв нового покоління ▪ Технологія мультикристалічного кремнію; ▪ технологія отримання високоєфективного термоелектричного матеріалу на основі телуриду свинцю; ▪ технологія карботермічного відновлення кварцитів (рафінування металургійного кремнію); ▪ спітроніка. Виготовлення електромагнітних матеріалів; ▪ технологія використання новітніх напівпровідникових квантово-розмірних матеріалів у мікрофлюїдиці та біомедичних дослідженнях і екології; ▪ одержання монокристалів кремнію, легованих германієм; ▪ виготовлення надпотужних постійних магнітів з ефектом обмінної взаємодії; ▪ технологія отримання плівкових наноструктурних 0D, 1D та 2D напівпровідникових матеріалів; ▪ технологія отримання наднизькофонових скінтіляторів
	<p>Інші матеріали і способи їхнього отримання</p>	<p>Розробка іоноплазмових технологій</p>
	<p>Новітні розділи гід-технологій та клауд-комп'ютингу (cloud computing)</p>	<p>Нові високоєфективні методи наукових досліджень на основі комп'ютерних технологій в різних галузях науки, нові методи інженерних розрахунків, нові методи обробки медичної інформації, нові можливості телемедицини</p>
	<p>Комбінація технологій розподілених систем, штучного інтелекту, семантичного Web та семантичного Grid</p>	<p>Інтелектуальні Web і Grid застосування для рішення інформаційних та обчислювальних задач</p>
	<p>Технології розвитку інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури України</p>	<p>Національний центр оперативно-технічного управління телекомунікаційними мережами. Програмно-алгоритмічне забезпечення комутаційних систем інформаційно-</p>

Продовження табл. 3.5

1	2	3
Інформаційно-комунікаційні технології (2011 р.)	Технологія візуального технологічного програмування TVP-1	телекомунікаційних мереж, пограничного обладнання. Програмно-алгоритмічне забезпечення обладнання телекомунікаційних мереж, корпоративних і відомчих мереж. Програмно-апаратні комплекси мереж NGN
	Технологія візуального технологічного програмування TVP-1	Технологія візуального технологічного програмування TVP-1
	Технології віддаленого проектування / Технології паралельного моделювання і оптимізації	Надання послуг з віддаленого проектування. Паралельні методи та алгоритми моделювання
	Інформаційні трансформерні технології в робототехніці	Екзоскелетон та інші пристрої-трансформери
	Нові паралельні алгоритми та чисельні методи, нова система організації засобів моделювання	Розподілене паралельне моделююче середовище (РПМС). Повнофункціональне програмне забезпечення моделювання.
	Технологія ситуаційного управління при прийнятті управлінських рішень	Ситуаційні центри (СЦ) – системи підтримки прийняття рішень
	Технологія підтримки прийняття стратегічних рішень	Комп'ютерна система підтримки прийняття стратегічних рішень
	Мікросіпльникова розподілена мережа міліметрового діапазону хвиль із залученням багатопланової схеми МІМО	Телекомунікаційна система широкомовного радіодоступу високої пропускної здатності
	Інформаційні трансформерні технології, в т.ч. для систем таймерного кодування	Нові апаратні та програмні методи і засоби
	Технологія виготовлення оптичних носіїв для довготермінового зберігання інформації	Оптичні носії для довготермінового зберігання інформації

Закінчення табл. 3.5

1	2	3
	<p>Суперкомп'ютерні технології для розв'язання задач в області економіки, управління складних об'єктів екології, біології та медицини, обороноздатності країни</p> <p>Інформаційна технологія прийняття рішень при діагностуванні захворювань</p> <p>Радіотехнологія MITRIS + WiMAX</p> <p>Технології тривимірної реалістичного інтелектуального моделювання складних техногенних систем, інтегровані з методами та засобами неогеографії та ноогеографії</p> <p>Комбінація технологій розподілених систем, штучного інтелекту, семантичного Web та семантичного Grid</p>	<p>Підвищення ефективності розв'язання конкретних задач в зазначених галузях</p> <p>Програмні комплекси</p> <p>Мультисервісний радіодоступ</p> <p>Гнучкі моделі промислових об'єктів (таких, наприклад, як вугільні шахти) та інфраструктури сучасних міст. інтегровані з сервісами сучасних картографічних систем, які реалізують принципи неогеографії та ноогеографії</p> <p>Інтелектуальні Web і Grid застосування для рішення інформаційних та обчислювальних задач</p>

Джерело: сформовано автором на основі [162; 170]

комунікаційні технології» (у 2011 р.) [153; 154]. В результаті виконання вказаних досліджень було сформовано: (1) перелік критичних технологій за пріоритетними тематичними напрямами; (2) базу паспортів новітніх технологій; (3) базу даних «Експерти України»; (4) перелік науково-дослідних університетів та вищих навчальних закладів, які проводять дослідження у зазначених сферах; (5) перелік промислових підприємств, на яких можливе впровадження критичних технологій; (6) Web-сторінка «Форсайт – стратегічні маркетингові дослідження науково-технологічного розвитку України» на сайті УкрІНТЕІ [99].

У табл. 3.5 наведено перелік критичних технологій України, визначений групами експертів у рамках виконання фахівцями УкрІНТЕІ Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008–2012 рр. Відібрані критичні технології відповідають стратегічним пріоритетним напрямам інноваційного розвитку країни на 2003–2013 рр. (високоякісна металургія, нанотехнології, мікроелектроніка, нові матеріали, біотехнології) [99; 162].

Результати форсайтного дослідження, проведеного УкрІНТЕІ, покладено в основу Закону України від 08.09.2011 № 3715 «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», що визначає стратегічні пріоритетні напрями інноваційної діяльності на 2011–2021 рр.; Постанови Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року», Постанови Кабінету Міністрів України від 12.03.2012 № 294 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2012–2016 роки», Постанови Кабінету Міністрів України від 17.05.2012 № 397 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2012–2016 роки» [157; 162–164].

У табл. Д.3 Додатка Д наведено порівняння середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного і галузевого рівнів 2012–2016 рр. [162–164].

Фахівці УкрІНТЕІ у 2012–2015 рр. проводили регулярні моніторингові дослідження щодо виконання середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного і галузевого рівнів, які потім використовуються під час підготовки аналітичних доповідей до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України» [170–172]. В результаті проведених досліджень у 2015 р. провідні спеціалісти УкрІНТЕІ Т. Кваша і О. Паладченко зробили

такі висновки: (1) «Із загальної кількості у 53 середньострокових пріоритетних напрямів загальнодержавного рівня у 2014 р. фінансувалися 40 напрямів або 75,5 %, що істотно більше, ніж у 2013 р. (28 або 52,8 %)»; (2) «По чотирьох стратегічних пріоритетах – 2-му, 3-му, 4-му і 6-му (табл. 3.55 Додатка 3) фінансувалися середньострокові пріоритетні напрями, що склало 28 напрямів із 40»; (3) «По 5-му стратегічному напрямку фінансування одержав лише один середньостроковий пріоритет і тільки у 2014 р., а у 2012–2013 рр. ці пріоритети не фінансувалися зовсім»; (4) «Значна кількість непрофінансованих середньострокових пріоритетних напрямів свідчить про втрату їх актуальності і необхідності перегляду переліку середньострокових пріоритетів загальнодержавного рівня. Особливо це відноситься до 5-го стратегічного напрямку «Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики»; (5) «При цьому на перше місце (за фінансуванням) вийшов другий пріоритетний напрям «Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки», який на 93,2 % фінансувався з позабюджетних коштів. На другому місці – четвертий пріоритетний напрям «Технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу», який на 95,1 % фінансувався за рахунок спеціального фонду, тобто самостійно заробленими бюджетними організаціями кошти»; (6) «Найбільша частка надходжень від передачі технологій також прийшла на четвертий напрям... Поза стратегічних пріоритетів передано 76 технологій» (а це ті технології, які відрізняються найбільшою новизною) [179, с. 86; 171].

Таким чином, проведений фахівцями УкрІНТЕІ аналіз підтверджує той факт, що офіційно затверджені та профінансовані сьогодні стратегічні інноваційні пріоритети України практично не відповідають інноваційним пріоритетам і передовим виробничим технологіям, які знаходяться у фокусі науково-технічної та інноваційної політики розвинених країн-лідерів (крім другого пріоритетного напрямку). Враховуючи, що термін дії існуючих стратегічних інноваційних пріоритетів закінчується у 2016 р., вкрай доцільно привести інноваційні пріоритети на 2017–2021 рр. у відповідність до загальносвітових тенденцій і пріоритетів.

Так, у дослідженні «Форсайт економіки України» група фахівців під керівництвом М. Згуровського побудувала часову діаграму активації драйверів економіки України на середньостроковому та довгостроковому часових горизонтах і визначила, що можливість реалізації у 2020–2025 рр. мають: (1) високу – аграрний сектор і військово-промисловий комплекс; (2) серед-

ню – створення нових речовин і матеріалів та нанотехнології, інформаційно-телекомунікаційні технології, енергетика, високотехнологічне машинобудування; (3) низьку – розвиток наук про людину, біомедична інженерія, клітинна медицина і фармація [71, с. 31]. Але обґрунтування вказаних пріоритетів потребує більшої формалізації та об'єктивного аналізу і прогнозування.

Таким чином аналіз публікацій вітчизняних і зарубіжних джерел, присвячених дослідженню теоретичних і практичних аспектів застосування методології форсайт, показав, що існує необхідність подальшого вдосконалення і автоматизації методології форсайту з метою прогнозування і виокремлення найбільш перспективних напрямів розвитку новітніх міждисциплінарних науково-технічних досліджень і конвергентних технологій (наприклад, нанотехнологій), що мають революційний вплив на сучасне суспільство.

3.3. Методичний підхід до вибору пріоритетних тематичних напрямів розвитку конвергентних технологій

3.3.1. Практика визначення перспективних напрямів розвитку нанотехнологій як складової конвергентних технологій в Україні

В Україні, як і у країнах – світових лідерах, також проводяться фундаментальні та прикладні дослідження з низки конвергентних технологій у рамках державних і академічних цільових програм, перш за все Національної Академії Наук України (НАНУ). В той же час проблемою для всіх нормативних документів НАНУ є відсутність обґрунтування вибору пріоритетних тематичних напрямів досліджень, що враховують прогнозні або форсайтні дослідження перспектив розвитку тих чи інших науково-технологічних областей, рівень інноваційних розробок, стан інфраструктурного забезпечення і фінансування в Україні. Розглянемо на прикладі нанотехнологічних досліджень можливі методичні підходи до обґрунтованого вибору пріоритетів у цій сфері як складової конвергентних NBIC-технологій.

Так, з 2003 р. в Україні у сфері нанотехнологій як проривної технології для більшості розвинених країн світу виконуються фундаментальні та прикладні науково-дослідні програми НАНУ, що стали основою для низки досліджень українських учених щодо перспектив розвитку цих технологій і комерціалізації досліджень у вказаній області для потреб вітчизняної економіки [10; 143; 173–195].

В той же час існує проблема визначення пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій як складової конвергентних технологій відповідно до глобаль-

них проблем, які необхідно вирішувати Україні (в тому числі і з урахуванням національної специфіки прояву цих проблем), а також відповідно до наявного потенціалу та можливостей проведення вітчизняних нанотехнологічних досліджень. Крім того, у період 2003–2015 рр. фахівці відмічають порівняно низьку результативність виконання українських програм у цій сфері з погляду комерціалізації результатів досліджень, що суттєво уповільнює формування шостого технологічного укладу в Україні і не дозволяє швидко підвищити конкурентоспроможність й інвестиційну привабливість держави у світі та реформувати на цій основі українську економіку в цілому.

Так, ще у 2003 р. НАНУ започаткувала цільову комплексну програму фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології» (ЦКПФД) за тринадцятьма напрямками теоретичного й експериментального вивчення наносистем із 4 розділів: (1) фізика та діагностика нанорозмірних систем; (2) хімія наноматеріалів і наноструктур; (3) технології наноматеріалів; (4) біонаносистеми [196]. Комплексна програма була продовжена на 2007–2009 рр. вже за 14 напрямками у таких же 4 розділах [197–199]. У 2014 р. у продовження вказаних досліджень, а також враховуючи міждисциплінарність досліджень і широкий спектр прикладного застосування створюваних нанотехнологій постановою Президії НАНУ, було затверджено Концепцію цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2015–2019 рр. [200]. Основними напрямками досліджень за цими програмами у 2015–2019 рр. є такі: (1) фізика та методи досліджень нанорозмірних систем, в тому числі: електронні, оптичні та магнітні властивості наноматеріалів і наносистем; напівпровідникові нанорозмірні системи; наноструктуровані поверхні та плівки; металічні системи в наноструктурному стані; сучасні методи діагностики наносистем; (2) хімія нанорозмірних систем, а саме: фізична хімія наноматеріалів і наноструктур; гетероструктури та гібридні нанокompозити; хімія супрамолекулярних і композиційних наноструктур; колоїдні нанорозмірні системи та технології; (3) наноматеріали та технології їх отримання, зокрема: багатофункціональні наноматеріали; наноструктуровані присадкові матеріали, технології з'єднання важкозварюваних сплавів; іонно-плазмові та вакуумно-деформаційні технології створення наноструктурованих матеріалів і покриттів; (4) нанобіотехнології та наноматеріали медичного призначення, в тому числі: створення сучасних нанобіомедичних технологій і наноматеріалів медичного призначення; біосумісні наноструктурні матеріали: керовані

системи доставки; взаємодія з біологічними системами, безпека використання [201; 202]. Водночас у цій Постанові не наведено обґрунтування вибору таких напрямів досліджень.

Крім того, у 2010 р. почала виконуватись Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 рр. (ДЦНТП) у 9 найважливіших напрямках нанодосліджень, а саме: (1) отримання нових знань щодо особливостей фізичних, хімічних, біологічних і більш складних процесів синтезу й атомного складання наносистем; (2) наноелектроніка; (3) нанотехнології для енергетики; (4) наноінженерія; (5) функціональні, конструкційні наноматеріали; (6) колоїдні нанотехнології; (7) нанотехнології для каталізу та хімічної промисловості; (8) наноматеріали та нанотехнології для захисту навколишнього природного середовища; (9) нанотехнології спеціального призначення [161; 169; 170]. При цьому за вказаною програмою також відсутнє обґрунтування вибору пріоритетів досліджень.

У табл. Д. 4 Додатка Д наведено співставлення основних пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій у відповідних державних програмах США, ЄС, Японії, Німеччини, Росії та України з глобальними проблемами людства [10; 143]. Як видно з табл. Д. 4 Додатка Д, напрями нанодосліджень і відповідних інноваційних рішень у провідних країнах світу практично збігаються. Причому основні дослідження ведуться поки що в напрямках створення і вдосконалення технологічної бази наноіндустрії, що в майбутньому дозволить створити достатній технологічний рівень для вирішення на новому якісному рівні таких проблем людства, як: депопуляція і старіння населення; нестача продовольства; екологічні проблеми та захист навколишнього середовища.

У 2008 р., постановою Бюро Президії НАНУ було затверджено Перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок, в якому за напрямом наукових досліджень «Наноматеріали і нанотехнології» було визнано пріоритетною розробкою у таких сферах, як: (1) наноструктурні матеріали із заданими властивостями, технологічне обладнання; (2) наноелектроніка; (3) нанохімічні та нанобіологічні технології [205]. Водночас, ніяких обґрунтувань щодо вибору саме цих напрямів нанотехнологічних досліджень у цій Постанові не наведено. У грудні 2013 р. на засіданні Президії НАН України було схвалено проект «Концепція розвитку Національної академії наук України на 2014–2023 рр.», у якій визначено величезний перелік основних наукових напрямів і найважливіших проблем фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук НАН України на 2014–2018 роки.

У цьому переліку прискіпливо перераховані всі напрями поточних досліджень, якими НАНУ займалася багато років, але не представлено навіть спроби надати обґрунтування для концентрації зусиль науковців на проривних сучасних областях досліджень (в тому числі й у сфері нанотехнологій) і актуальних для України в умовах вкрай обмежених ресурсів [205].

Слід зазначити, що в Україні неодноразово намагались провести прогнозування найбільш перспективних з точки зору комерціалізації напрямів науково-технічних досліджень у сфері нанотехнологій. Так, в результаті виконання «Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку у 2004–2006 рр.» було визначено перелік актуальних напрямів інноваційної діяльності, зокрема у сфері нанотехнологій, найбільш результативних у середньостроковій перспективі (до 5 років), а також перелік найбільш важливих досліджень, в тому числі нанодосліджень, які можуть серйозно вплинути на економічний і соціальний розвиток України у довгостроковій перспективі (15–20 років) [93; 149; 150; 206]. Саме в той період, у 2006 р., в рамках Національної нанотехнологічної ініціативи США також було проведено опитування експертів на тему коротко-, середньо- і довгострокових нанотехнологічних програмних пріоритетів і можливої тематики проектів НДДКР [182, с. 127]. У табл. Д.5 Додатка Д наведено співвідношення коротко-, середньо- і довгострокових пріоритетів нанодосліджень у США і в Україні та відповідність їх глобальним проблемам [10; 93; 149; 150; 182, с. 127; 206].

Вказані дослідження були продовжені фахівцями УкрІНТЕІ в рамках виконання Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку України на 2008–2012 рр., [152–154]. За результатами опитувань експертів було визначено за пріоритетним напрямом «Нанотехнології та нові матеріали» 15 нанотехнологій (що становить 27 % всіх відібраних), які в першу чергу викликають інтерес у підприємців і промисловців. З переліку цих технологій Науково-технічна рада Державної програми схвалила 6 технологій як критичні. У табл. Д.6 Додатка Д наведено співставлення прогнозу реалізації критичних технологій у США та Японії на 20 років, що був зроблений у 2006 р., та переліку критичних технологій за напрямом «Нанотехнології та нові матеріали», визначеного експертами в Україні [10; 152–154; 182, с. 214–219], а також визначено відповідність їх глобальним проблемам людства. З даних табл. Д.7 Додатка Д видно, що з відібраних українськими експертами 15 нанотехнологій, що мають потенціал комерціалізації і викликають інтерес у підприємців, навіть ті 6 критичних технологій, які можуть претендувати на бюджетне фі-

нансування, задовольняють деяким потребам у вирішенні тільки двох глобальних проблем – депопуляція і старіння населення та перехід до нового технологічного укладу. Такі проблеми, як нестача продовольства, екологічні проблеми і захист навколишнього середовища, вичерпання природних ресурсів і нова енергетика, залишаються поза увагою українських науковців.

Тобто сьогодні в Україні, в умовах обмежених бюджетних ресурсів, існує необхідність подальшої адаптації наявних методик прогнозування майбутнього і, перш за все, максимальної автоматизації методології форсайту, що дозволить значно скорити витрати на проведення подібних досліджень.

Національне форсайт-дослідження, яке дозволило встановити перелік пріоритетних напрямів інноваційної діяльності у середньостроковій і довгостроковій перспективах (в тому числі й для нанотехнологій), було засновано на методі Дельфі і складалося з низки послідовних етапів, а саме: (1) перший етап було присвячено формуванню колективу експертів, які братимуть участь у форсайт-дослідженні, на основі методу «снігової кулі»; (2) на другому етапі за допомогою експертних опитувань і «еталонного аналізу» (порівняння з іншими країнами або регіонами) відбувається формування попереднього переліку тематичних напрямів (ТН) і системи критеріїв їх оцінки щодо головних цілей науково-технічного розвитку (НТР) України; (3) на третьому етапі здійснюється експертне оцінювання отриманих на попередньому етапі ТН за заданими критеріями. Основою реалізації тут виступає метод Дельфі, що припускає опитування (анкетування) експертів і організацію зворотного зв'язку (через проведення трьох турів опитування). Результати дослідження включають зведені оцінки по кожній темі, а також аналітичні огляди по ТН; (4) заключний етап передбачає узгодження і затвердження отриманих на попередньому етапі переліків ТН НТР України [206].

На рис. 3.1 наведено національне форсайт-дослідження щодо вибору пріоритетних напрямків НТР країни [101–103; 206].

Недоліком вказаного національного форсайт-дослідження є використання як основного інструменту лише анкетування груп експертів, з подальшою фіксацією даних від експертів та їх статистичною обробкою. Зазначений недолік обумовлює недостатню ефективність форсайт-проектів, що реалізуються в Україні, насамперед, через суб'єктивність, притаманну експертному оцінюванню.

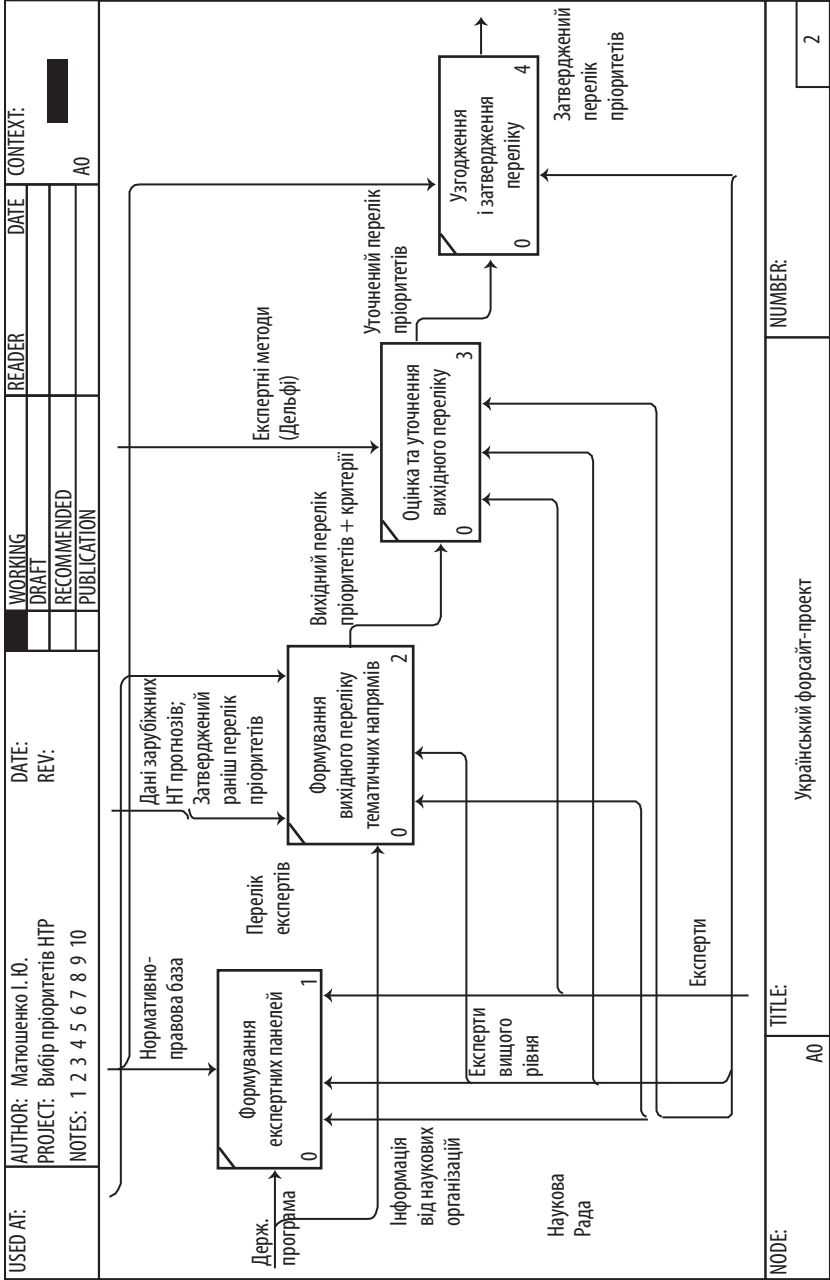


Рис. 3.1. Національне форум-дослідження щодо вибору пріоритетних напрямків науково-технологічного розвитку України [101 – 103; 206]

3.3.2. Методичні підходи до формування експертної групи

Розглянемо більш докладно особливості методичних підходів і використаних методик у проведеному національному форсайт-дослідженні. Так, у цьому дослідженні вибір експертів з метою формування експертної групи здійснюється методом «снігової кулі», що передбачає формування першої групи респондентів випадковим чином. При цьому після закінчення кожного інтерв'ю респондента просять назвати інших представників досліджуваної сукупності. Кожна наступна група респондентів складається з тих, кого вказали попередні респонденти. У результаті виникнення «ефекту снігової кулі» вибірка швидко зростає. Цей метод має низку недоліків, зокрема: (1) число турів до зупинки процесу нарощування «снігової кулі» не можна заздалегідь передбачити, а тому не має змоги попередньо встановити тривалість цієї роботи; (2) респонденти відбираються випадковим чином, і отримані в такий спосіб вибірки не репрезентативні.

Огляд наявних засобів роботи з експертами [207–211] дозволив нам вибрати процедури для розрахунку кількісних і якісних показників експертних груп, що визначають якість майбутнього прогнозу. При цьому було встановлено доцільність застосовування формальних методів вибору експертів, які б враховували компетентність експерта по певній тематиці.

Типова схема формування експертної групи включає такі етапи: (1) визначення кількісного складу експертної групи; (2) розробка формальних і професійних вимог до експерта; (3) оцінка ступеня компетентності кожного експерта [212]. Кількість експертів за рекомендаціями [207–211] визначається за такою формулою:

$$m \leq \frac{3}{2 \cdot Q_{\max}} \cdot \sum_{i=1}^{m^*} Q_i, \quad (3.1)$$

де m^* – кількість експертів у попередньо сформованій групі;

Q_i – компетентність i -го експерта, яка оцінюється в балах (рекомендується брати від 1 до 5 балів);

Q_{\max} – максимально можлива компетентність i -го експерта.

Найбільш популярним методом багатокритеріальної оцінки альтернатив, якими в цій ситуації є фахівці, є метод зважених сум або середньозважених. Згідно з [212] для оцінювання експертів будемо застосовувати такі критерії та шкали:

1. Професійний рівень: середня освіта (1 бал), середня спеціальна освіта (2 бали), вища освіта (3 бали), наявність наукового ступеня кандидата наук (4 бали), наявність наукового ступеня доктора наук (5 балів).
2. Досвід роботи за профілем предметної області: відсутній (0 балів), від 1 до 3 років (1 бал), від 3 до 5 років (2 бали), від 5 до 10 років (3 бали), від 10 до 20 років (4 бали), понад 20 років (5 балів).
3. Ступінь інформованості експерта в цій сфері: узагальнення робіт вітчизняних авторів (1 бал); узагальнення робіт вітчизняних і зарубіжних авторів (2 бали); особисте знайомство зі станом справ за кордоном (3 бали); виробничий досвід (4 бали); проведено теоретичний аналіз і наявність виробничого досвіду (5 балів).
4. Здатність вирішувати творчі завдання і досвід участі в експертному оцінюванні: відсутній (1 бал), низький (2 бали), середній (3 бали), вищий за середній (4 бали), високий (5 балів).

Усереднення критеріїв оцінки експертів може бути здійснено і на рівні власних векторів матриць парних порівнянь. При цьому результати будуть еквівалентні тим, які отримані на рівні елементів матриць, якщо однорідність складених матриць достатня і менше 0,10 [211].

Обчислення значень вектора пріоритетів критерію W проводиться також на підставі формули:

$$EW = \lambda_{\max} W, \quad (3.2)$$

де λ_{\max} – максимальне власне значення матриці E ;

W – вектор пріоритетів критеріїв оцінки експерта.

У табл. 3.7 наведено ваги критеріїв.

Таблиця 3.7

Ваги критеріїв оцінки експерта

Критерії оцінки експерта	Професійний рівень	Досвід роботи за профілем	Ступінь інформованості	Здатність вирішувати творчі завдання і досвід участі в експертному оцінюванні	W
1	2	3	4	5	6
Професійний рівень	1	3	5	3	0.536
Досвід роботи за профілем	1/3	1	5	1/3	0.139
Ступінь інформованості	1/5	1/5	1	3	0.088

Закінчення табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
Здатність вирішувати творчі завдання і досвід участі в експертному оцінюванні	1/3	3	1/3	1	0.136

Далі пропонується заповнити матриці порівнянь по кожному з критеріїв щодо експертів. При проведенні попарних порівнянь користуються шкалою відношень (табл. 3.8). Значення елементів результуючого вектора пріоритетів експертів розраховуються за формулою

$$W_e = [W_1, W_2, W_3, W_4] \times W, \quad (3.3)$$

де W_i – вектори ваги критеріїв (якостей експертів).

Таблиця 3.8

Шкала відношень (ступінь значущості) якості

Ступінь значущості	Визначення	Пояснення
1	Однакова значущість	Два кандидати мають однакову якість за рівнем
2	Деяке переважання значущості якості одного фахівця над іншим (слабка значущість)	Різниця в рівні якості кандидатів дорівнює одному балу
3	Істотна або сильна значущість	Різниця в рівні якості кандидатів дорівнює двом балам
4	Очевидна або дуже сильна значущість	Різниця в рівні якості кандидатів дорівнює трьом балам
5	Абсолютна значущість	Різниця в рівні якості кандидатів дорівнює чотирьом балам
Зворотні величини наведених вище ненульових величин	Якщо якості кандидата і при порівнянні з якістю кандидата і приписується одне з визначених вище ненульових чисел, то якості кандидата і при порівнянні з якістю кандидата і приписується зворотне значення	Якщо узгодженість якостей була постульована при отриманні N числових значень для утворення матриці

На заключному етапі процедури формування експертних панелей складається остаточний перелік експертів. Для цього всіх експертів, які пройшли атестацію, ранжують згідно із сукупністю якостей, та формується список експертів, що беруть участь в експертизі.

3.3.3. Формування вихідного переліку ТН

Згідно з національним форсайт-дослідженням для формування вихідного переліку ТН залучаються наукові організації та установи, а також координаційні ради існуючих Державних програм [206]. Крім того, у цьому дослідженні переліки ТН формувалися на підставі інформації про хід реалізації діючих пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки України, а також зі списку науково-технічних проблем, яким було приділено недостатню увагу.

Згідно ж зі світовою практикою [71; 93–103] етап формування вихідного переліку ТН, який полягає як в аналізі тенденцій світової науки і технологій, так і в аналізі стану та перспектив розвитку національної науки і технологій, проводиться із застосуванням методів наукометрії, бібліометрії, патентного та ін. аналізів [208; 212–219].

Отже, для цього етапу доцільно рекомендувати використання світового досвіду в національному форсайт-дослідженні. Вихідними даними в такому випадку служать: дані зарубіжних науково-технічних прогнозів; публікації міжнародних і національних організацій; публікації наукових статей, монографій, баз даних (БД), дисертацій, звіти про виконані науково-дослідні роботи; українська патентна база. Процедура формування вихідного переліку ТН полягає у застосуванні до зазначених вище вихідних даних методів бібліометрії (метод підрахунку кількості публікацій) [214], наукометрії (метод частотного аналізу) [215] і патентного аналізу (патентний аналіз за методикою Н. Тимофєєвої) [216]. Згодом по кожному ТН необхідно отримати значення критеріїв із системи критеріїв оцінки напрямів, що складається з кількісних, значення яких розраховуються, і якісних, значення яких отримують експертним шляхом. У результаті формуються більш досконалі переліки ТН НТР, кожний з яких має кількісну оцінку на підставі отриманих значень критеріїв їх оцінки, що надалі дозволить визначити ряд пріоритетних.

Розіб'ємо поставлене завдання на ряд підзавдань: (а) сформувати вихідний перелік ТН для їх подальшої оцінки на третьому етапі національного форсайт-дослідження; (б) розрахувати значення кількісних критеріїв оцінки по кожному з напрямів; (в) отримати значення якісних критеріїв оцінки по кожному з напрямів.

Для формування вихідного переліку ТН, тобто для вирішення першого з поставлених підзавдань, необхідно за допомогою методів бібліометрії, наукометрії і патентного аналізу сформувати початковий перелік ТН. Для вирішення двох наступних підзавдань, що залишилися, необхідно розрахувати значення критеріїв із системи критеріїв оцінки по кожному ТН.

Метод підрахунку кількості публікацій (бібліометричний аналіз) [214] полягає у такому: проводиться кількісна оцінка документного потоку, організованого в рамках однієї з прийнятих класифікацій (Державний рубрикатор науково-технічної інформації [217]), тобто проводиться аналіз кількості прореферованих наукових документів з різних галузей знань. Таким чином, виділяють галузі науки й окремі розділи, які за кількістю наукових публікацій посідають провідне місце у структурі наукових знань. Потім порівнюється кількість публікацій по окремих галузях з метою виділити «провідні» галузі знань (у відсотковому відношенні до загальної кількості публікацій, які прореферовані за цей період).

Наступним кроком цього методу є оцінка розвитку окремих наукових дисциплін та їх складових. Для цього розраховують середню швидкість збільшення кількості публікацій [214]:

$$V = \frac{\Delta N}{N \cdot \Delta t}, \quad (3.4)$$

де N – число публікацій у базисному році;

ΔN – приріст за період;

V – швидкість збільшення числа публікацій, обумовлена їх приростом (ΔN) у часі (Δt) стосовно до базисного року (N) за даними експериментальних досліджень за ряд років (більше 5).

Метод частотного аналізу наукових проблем є одним з найпоширеніших наукометричних методів дослідження [216] і полягає в розбивці інформаційного потоку за багатьма критеріями з подальшою статистичною обробкою. При цьому проводять підрахунок кількості наукових документів за такими параметрами: види та типи наукових документів (книги, патенти й авторські свідоцтва, публікації в журналах тощо) і носіїв; кількість авторів; рубрики УДК, ББК, реферативних журналів; тематична спрямованість публікацій або журналів; число бібліографічних посилань у публікаціях; країни й установи, що підготували і видали наукові документи; «вік» публікацій; мовна приналежність наукових документів; обсяг документів тощо. Дослідження інформаційного потоку, проведені через рівні проміжки часу, дозволяють отримати уявлення про динаміку зміни його обсягу та структури. Оскільки будь-яка динамічна система має інерційні властивості, виявлену динаміку винахідницької та публікаційної активності можна екстраполювати в певних межах. Зважаючи на те, що між зростанням науково-технічної інформації та науково-технічним прогресом існує певний взаємозв'язок, за показниками публікаційної активності можна судити про тенденції розвитку наукових напрямів і здійснювати

прогнозні розробки. Як фактографічна база для проведення наукометричних досліджень методом частотного аналізу може бути використаний показник SCI, патентні показники, автоматизовані бази даних тощо.

У патентному аналізі з метою отримання кількісних характеристик розвитку окремих напрямів науки та техніки використовують статистичні методи обробки масивів патентної інформації. До них відноситься патентний аналіз за методикою Н. Тимофєєвої [216] (період до 10 років), вираженою рівнянням:

$$N = a + Bt, \quad (3.5)$$

де N – число патентних документів за звітний рік;

a – число патентних документів у рік початку відліку;

t – інтервал між роком початку відліку та звітним роком;

B – коефіцієнт зростання винахідницької активності за цим напрямком техніки:

- 1) $B > 0$ – винахідницька активність по цьому поколінню техніки зростає, і аналізований напрям є перспективним для подальшого розвитку досліджень і розробок.
- 2) $B = 0$ за великої кількості патентів винахідницька активність по цьому напрямку техніки стабілізувалася, напрям знаходиться в zenіті свого розвитку.
- 3) $B = 0$ за малої кількості патентних документів за період ретроспекції напрям не розвивається.
- 4) $B < 0$ – винахідницька активність по цьому поколінню техніки падає, подальше вдосконалення цього виду техніки недоцільно.

При порівнянні напрямів між собою напрям, який володіє більшою швидкістю зростання, має більшу перспективність.

У результаті рішення першого з поставлених підзавдань отримуємо ранжований перелік ТН, остаточний склад яких повинна уточнити та затвердити Науково-технічна Рада, як показано у національному форсайт-дослідженні [206], для подальшого розрахунку значень критеріїв їх оцінки.

Наступним кроком у процедурі формування вихідних переліків ТН є рішення другого і третього з підзавдань, а саме – розрахунку значень критеріїв оцінки за кожним з ТН, які передбачені у національному форсайт-дослідженні.

Зазначені критерії, згідно з їх значенням, ділять на кількісні та якісні, отримані шляхом експертного оцінювання. До кількісних критеріїв (що ви-

ражені кількісними значеннями) відносяться: обсяг фінансування ТН; наукові фахівці; результати науково-технічної діяльності; виробничі потужності й експериментально-виробнича база.

Для знаходження значень критерію «Обсяг фінансування» ($K_{оф}$) визначають питому вагу капітальних затрат у внутрішніх витратах на наукові дослідження, розробки та закупівлі обладнання [218].

$$K_{оф} = \frac{B_{наук} + B_{обор}}{B_{заг}} \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

де $B_{наук}$ – капітальні витрати на наукові дослідження і розробки;

$B_{обор}$ – капітальні та поточні витрати на закупівлі обладнання;

$B_{заг}$ – внутрішні витрати на дослідження і розробки.

Під критерієм «Наукові фахівці» ($K_{НФ}$) розуміється питома вага чисельності фахівців вищої кваліфікації у загальній кількості наукових працівників [219]:

$$K_{НФ} = \frac{НФ_{БК}}{НФ_{заг}} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

де $НФ_{БК}$ – чисельність фахівців вищої кваліфікації (доктори та кандидати наук);

$НФ_{заг}$ – загальна кількість науковців.

Критерії «Експериментально-виробнича база» ($K_{ЕВБ}$) і «Виробничі потужності» ($K_{ВП}$) визначаються шляхом аналізу бухгалтерських і статистичних звітних документів установ і підприємств певного ТН. Зазначені два критерії приймають значення: 1 – якщо наявність підтверджується і 0 – в іншому випадку.

Під критерієм «Результати науково-технічної діяльності» ($K_{НТД}$) мається на увазі сумарний розрахунок індикаторів розвитку певного ТН, таких як: загальне число діючих патентів вітчизняних та іноземних заявників в Україні ($K_{ДПАТ}$); кількість поданих патентних заявок і заявок на корисні моделі (за останній рік) ($K_{ПАТ}$); кількість придбаних прав на патенти та патентні ліцензії ($K_{ПРПАТ}$):

$$K_{НТД} = K_{ПАТ} + K_{ДПАТ} + K_{ПРПАТ}. \quad (3.8)$$

До якісних критеріїв, або критеріїв, значення яких отримані шляхом експертного оцінювання, відносяться: застосовність у найближчому майбутньо-

му, рівень інвестування, перспективи виходу на світовий ринок, наявність наукового лідера.

Для визначення значень по кожному з якісних критеріїв експертам необхідно заповнити опитувальну анкету (рис. 3.8). Результати опитування по кожному з ТН зводяться в табл. 3.9.

Для обробки групових експертних оцінок необхідно перевірити ступінь узгодженості думок експертів [220], а потім визначити узагальнену (агреговану) групову оцінку [221] для кожного ТН за кожним із критеріїв.

При підборі експертів велика увага приділяється узгодженості їх думок, яка характеризується зміщеною або незміщеною оцінкою дисперсії відліку. З цією метою на етапі формування експертної групи проводяться контрольні вимірювання з математичною обробкою їх результатів. Нерідко при цьому використовується не один, а відразу кілька об'єктів вимірювань, які залежно від їх цінності або якості потрібно розставити за шкалою порядку, тобто визначити їх ранг, бо вимір за шкалою порядку називається ранжируванням. За міру узгодженості думок експертів в цьому випадку приймається *коефіцієнт конкордації*.

АНКЕТА

Пріоритетний напрямок:

(код і назва)

Код експерта _____

№ з/п	Тематичний напрямок		Рівень інвестування (K_I)		Наявність наукового лідера ($K_{НЛ}$)		Перспективи виходу на світовий рівень (K_{CP})		Застосовність в найближчому майбутньому ($K_{ЗМ}$)		
	Код	Назва	Є (1*)	немає (0)	Є (1*)	немає (0)	Є (1*)	немає (0)	до 3 років (10)	через 3–5 років (5)	через 5–10 років (1)
1											
2											
3											

* У круглих дужках вказані бали на випадок вибору експертом цього варіанта

Рис. 3.2. Опитувальна анкета для отримання значень якісних критеріїв

Таблиця 3.9

Результати опитування експертів

Критерії	Експертна оцінка за напрямами, бал								
	Напрямок 1			...			Напрямок n		
	Експерт								
	1	...	m	1	...	m	1	...	m
критерій 1									
...									
критерій k									

$$G = \frac{12S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (3.9)$$

де S – сума квадратів відхилень суми рангів кожного об'єкта експертизи від середнього арифметичного рангів;

n – число експертів;

m – число об'єктів експертизи.

Залежно від ступеня узгодженості думок експертів коефіцієнт конкордації може приймати значення від 0 (при відсутності узгодженості) до 1 (при повній однастайності).

Якщо ж узгодженість думок експертів відсутня, проводиться повторне анкетування. Експертам, окрім опитувальних анкет, висилається додаткова інформація про предмет експертизи, і вони, як правило, коригують свої оцінки. Скоригована інформація знову надходить до аналітичної групи для перевірки узгодженості.

Для розрахунку агрегованої групової оцінки скористаємося методом середніх бальних оцінок [221]. Враховуючи вагові коефіцієнти експертів, групова оцінка j -го ТН обчислюється як середньозважена:

$$x_j^{сг} = \sum_{i=1}^{n_j} (W_i \cdot x_{ij}), \quad (3.10)$$

де W_i – вагові коефіцієнти компетентності експертів;

n_j – кількість експертів, що оцінюють j -ї ТН;

x_{ij} – оцінка в балах i -м експертом j -го ТН.

Отже, по завершенні етапу «Формування вихідного переліку ТН» буде складений і затверджений перелік вихідних ТН, кожен з яких матиме кількісні

значення по кожному з критеріїв їх оцінки, що дозволить на наступному етапі національного форсайт-дослідження визначити ряд пріоритетних напрямків.

3.3.4. Вибір пріоритетних напрямків науково-технологічних розробок

На третьому етапі національного форсайт-дослідження необхідно вибрати пріоритетні напрями НТР шляхом оцінки між собою ТН, отриманих на попередньому етапі. Етап оцінювання й уточнення переліку ТН полягає в оцінці ТН за значеннями їх критеріїв.

Завдання оцінювання й уточнення ТН відноситься до класу багатокритеріальних задач прийняття рішень, оскільки задача прийняття рішень (ЗПР) виникає, коли присутні кілька варіантів дій (альтернатив) для досягнення заданого або бажаного результату [222; 223]. При цьому потрібно вибрати найкращу в певному сенсі альтернативу. Формально ЗПР щодо вибору пріоритетних напрямів НТР можна записати у такому узагальненому вигляді:

$$D = \langle Z, A, T, P \rangle,$$

де Z – формулювання ЗПР, яке включає до себе змістовний опис поданої проблеми і за необхідності – її модельне уявлення, визначення мети або цілей, які повинні бути досягнуті, а також вимоги до виду остаточного результату;

A – сукупність можливих варіантів (альтернатив), з яких проводиться вибір – ТН НТР;

T – сукупність ознак (атрибутів, параметрів), що описують варіанти і їх відмітні особливості – система критеріїв оцінки ТН;

P – виявлення переваги одного критерію над іншим, які служать основою для оцінки та порівняння можливих варіантів вирішення проблеми, відбору допустимих варіантів і пошуку найкращого або прийняттого варіанта.

Найбільш адекватним математичним апаратом, що представляє процедуру оцінювання й уточнення переліку ТН, слід вважати принцип Парето-оптимальності, оскільки його реалізація дозволить відобразити якісну та кількісну природу критеріїв оцінки ТН. У підсумку ті ТН, чії векторні оцінки складають множину Парето, – є пріоритетними напрямками.

Математичну модель поставленого завдання про вибір найбільш пріоритетних напрямів НТР може бути наведено у вигляді

$$D_f = \langle X, f_1, f_2, \dots, f_m \rangle,$$

де X – множина ТН;

f_j – числова функція, задана на множині X , при цьому $f_j(x)$ є оцінка ТН $x \in X$ за j -м критерієм ($j = \overline{1, m}$).

Мета вирішення завдання щодо вибору найбільш пріоритетних напрямів НТР полягає в отриманні напрямів, які мають якомога більш високі оцінки за кожним критерієм, тобто у виділенні множини Парето [222]. Усі критеріальні функції f_j відображають корисність ТН $x \in X$ з боку різних критеріїв оцінки і повинні бути сумірними, тобто значення кожної критеріальної функції змінюються в одних і тих самих межах $[a, b]$:

$$\forall x \in X: 0 \leq a \leq f_j(x) \leq b, j = \overline{1, m}.$$

При цьому найменш переважний по будь-якому з частинних критеріїв $f_j(x)$ ТН отримає оцінку a , найбільш переважний – оцінку b ($a = 0, b = 1$).

Значені вище числові функції $f_j(x)$ ($j = 1, m$) утворюють векторний критерій $f = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)) \in R^m$, де R^m – простір m -мірних векторів. Для всякого ТН $x \in X$ набір його оцінок за всіма критеріями, тобто набір $(f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$, є векторна оцінка ТН x . Всі можливі векторні оцінки утворюють множину можливих оцінок

$$Y = f(X) = \{y \in R^m \mid y = f(x) \text{ при деякому } x \in X\}.$$

Відношення домінування по Парето визначається таким чином: ТН x_i домінує по Парето ТН x_j , якщо векторна оцінка $f(x_i) = (f_1(x_i), f_2(x_i), \dots, f_m(x_i))$ ТН x_i домінує по Парето векторну оцінку $f(x_j) = (f_1(x_j), f_2(x_j), \dots, f_m(x_j))$ ТН x_j , тобто якщо виконується нерівність $f(x_i) \geq f(x_j)$, а отже, і $x_i \geq x_j$. Змістовно умова домінування по Парето означає, що ТН x_i не гірше, ніж ТН x_j за будь-яким із розглянутих критеріїв, причому, принаймні, за одним із цих критеріїв x_i краще x_j .

Отже, згідно зі значеннями критеріальних функцій ТН отримаємо їх векторні оцінки. Для відшукування множини Парето-оптимальних векторів $P(Y)$ порівнюємо їх між собою за правилом, що описано вище. У підсумку отримуємо множину Парето-оптимальних векторів, а як наслідок – пріоритетних напрямів НТР.

На підставі отриманих результатів на рис. 3.3 наведено структуру удосконаленої процедури проведення національного форсайт-дослідження щодо вибору пріоритетів НТР України у загальному вигляді.

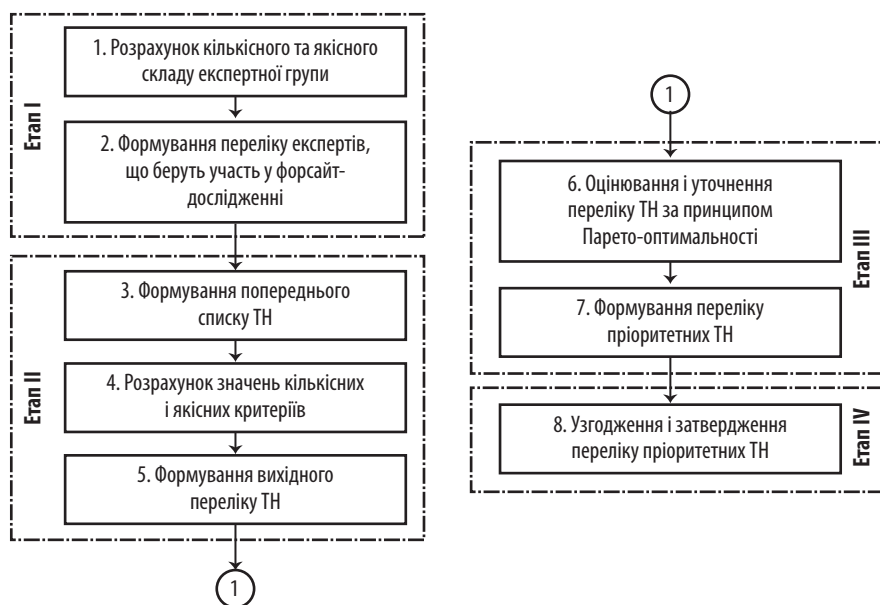


Рис. 3.3. Структура удосконаленої процедури проведення національного форсайт-дослідження щодо вибору пріоритетів НТР України

Джерело: сформовано автором

3.4. Форсайт-прогноз пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій в Україні

Розглянемо узагальнену процедуру реалізації форсайт-дослідження із визначення перспективних напрямків розвитку нанотехнологій як складової конвергентних технологій в Україні.

Процес вирішення завдання складається з таких етапів:

- перший: формування експертних панелей, при цьому визначається чисельність і склад експертної групи для участі у форсайт-проекті;
- другий: формування вихідного переліку напрямів nanoіндустрії. Необхідно провести аналіз стану та перспектив розвитку nanoіндустрії із застосуванням методів бібліометрії (метод підрахунку кількості публікацій) [214], наукометрії (метод частотного аналізу) [215] та патентного аналізу (патентний аналіз за методикою Н. Тимофєєвої) [216]. Після чого для отриманих переліків науково-технічних напрямків розвитку nanoіндустрії розраховуються значення критеріїв їх оцінки, передбаче-

них національною методикою форсайтних досліджень. Отже, всі «провідні» напрями матимуть кількісні оцінки за кожним із критеріїв, що надалі дозволить визначити ряд пріоритетних;

- третій: вибір пріоритетних напрямків розвитку наноіндустрії. Процедура вибору пріоритетних напрямків розвитку наноіндустрії полягає в ранжируванні цих напрямків по заданих критеріях за допомогою принципу Парето-оптимальності;
- четвертий: узгодження і затвердження пріоритетних напрямків. Відповідно до діючої методики здійснюється строго регламентована процедура узгодження і затвердження пріоритетних напрямків.

Приймемо такі допущення, що для об'єктивного аналізу кожного з напрямків наноіндустрії достатньо: (1) інформації, отриманої з обраних джерел; (2) заданих часових інтервалів; (3) розрахунку значень за основними критеріями їх оцінки.

Для визначення необхідного числа експертів скористаємося формулою (3.1). При допустимій помилці експертного аналізу в 5 % кількість експертів має бути не менше 32, а згідно з [225; 226] – не менше ніж 7–9 осіб. Отже, кількість експертів, що братимуть участь у форсайт-дослідженні, знаходиться в межах $7 \leq t \leq 32$.

Щоб отримати остаточний перелік всіх експертів, які пройшли атестацію, їх ранжирують за рівнем їх компетентності і сукупністю якостей відповідно до відношення (3.3).

Таким чином, у рамках проведеного форсайт-дослідження було атестовано 20 кандидатів в експерти – провідних учених з харківських вишів. З них 12 були відібрані для подальшої участі в експертизі, оскільки саме така їх кількість входить у розрахований раніше допустимий діапазон. Остаточний перелік експертів, що беруть участь в експертизі, наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Перелік експертів

№ з/п	Код експерта	Ранг експерта
1	2	3
1	Fn_0003	1
2	Fn_0011	2
3	Fn_0001	2
4	Fn_0005	2

Закінчення табл. 3.10

1	2	3
5	Fn_0006	3
6	Fn_00017	3
7	Fn_0020	4
8	Fn_0002	4
9	Fn_0018	4
10	Fn_0007	5
11	Fn_0009	5
12	Fn_0015	6

Як вихідні дані реалізації цього етапу виступають напрями розвитку нанотехнологій [10; 182; 226]:

- а) наноматеріали;
- б) наноелектроніка;
- в) нанофотоніка;
- г) нанобіотехнології;
- д) наномедицина;
- е) методи та інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв;
- ж) технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв.

Для формування вихідного переліку ТН скористаємося методом підрахунку кількості публікацій і патентним аналізом за методикою Н. М. Тимофєєвої з урахуванням прийнятих нами припущень. Розглянемо докладно реалізацію кожного з методів.

З метою виділення «провідних» ТН згідно з *методом підрахунку кількості публікацій* спочатку проводять аналіз кількості прореферованих наукових документів із різних галузей знань, а потім розраховують середню швидкість збільшення кількості публікацій за певний інтервал часу (від 5 і більше років). Для аналізу українського документального потоку з нанотехнологій нами було обрано загальнодержавну реферативну базу даних (БД) «Україніка наукова» [227]. Результати цього аналізу за 6-річний часовий інтервал (2009–2014 рр.) наведені в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Розподіл наукових публікацій у наноіндустрії за ТН у 2009–2014 рр.

Напрямок	Кількість наукових документів (статті, автореферати, книги), шт.							Питома вага у загальній кількості публікацій, %
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Всього	
Наноматеріали	140	108	133	89	40	110	620	30 %
Наноелектроніка	36	43	28	26	27	5	165	8 %
Нанопотоніка	25	26	31	29	22	3	136	6 %
Нанобіотехнології	54	36	13	32	22	7	164	8 %
Наномедицина	74	92	91	83	66	11	417	20 %
Методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв	57	35	42	46	47	13	240	11 %
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв	82	43	77	69	72	15	358	17 %
Усього публікацій	468	383	415	374	296	164	2100	100 %

Джерело: сформовано автором

У патентному дослідженні з метою визначення перспективності конкретного напрямку побудуємо кумулятивні ряди патентування по кожному з науково-технічних напрямів, які характеризуються зростанням сумарного числа патентів, що відносяться до цього напрямку [216]. Як джерело патентної інформації було використано інтерактивну БД «Винаходи (корисні моделі) в Україні» [228]. Пошук здійснювався з тимчасовим інтервалом в 6 років (2009–2014 рр.) згідно з міжнародною патентною класифікацією за класом В82 «Нанотехнологія», а також за класами, які належать за суттєвими ознаками до нанотехнологій [226]:

- А61К 9/51 – нанокапсули для медичних препаратів;
- В05D 1/00 – способи нанесення рідин або інших текучих речовин на поверхню;
- С01В 31/02 – отримання вуглецю (вуглецеві наноструктури, наприклад, нанотрубки, наноспіралі тощо);
- G01Q 10/00-90/00 – техніка скануючого зонда або пристрою; різні застосування техніки скануючого зонда, наприклад, мікроскопія скануючого зонда (SPM);

- G02F 1/017 – оптичні квантові колодязі;
- H01F 10/32 – багатошарові структури зі спіновим зв'язком, наприклад, наноструктуровані надгратки;
- H01F 41/30 – способи і пристрої для нанесення наноструктур, наприклад, за допомогою молекулярно-пучкової епітаксії;
- H01L 29/775 – квантований по дратах польовий транзистор з каналом із кристалічним газоносієм при подачі на затвор напруги однієї полярності (квантові провідники).

У табл. 3.12 наведено кількість патентів за напрямками нанотехнологій у 2009–2014 рр.

Таблиця 3.12

Кількість патентів за напрямками нанотехнологій у 2009–2014 рр.

Напрямок		Кількість патентів, роки					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014
Наноматеріали	Розподіл патентів за роками	21	24	18	18	13	37
	Кумулятивний динамічний ряд	21	45	63	81	94	131
Наноелектроніка	Розподіл патентів за роками	8	7	9	9	7	2
	Кумулятивний динамічний ряд	8	15	24	33	40	42
Нанопотоніка	Розподіл патентів за роками	8	6	2	4	7	1
	Кумулятивний динамічний ряд	8	14	16	20	27	28
Нанобіотехнології	Розподіл патентів за роками	12	8	8	9	7	3
	Кумулятивний динамічний ряд	12	20	28	37	44	47
Наномедицина	Розподіл патентів за роками	13	11	7	11	17	8
	Кумулятивний динамічний ряд	13	24	31	42	59	67
Методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв	Розподіл патентів за роками	11	7	12	11	9	3
	Кумулятивний динамічний ряд	11	18	30	41	50	53
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв	Розподіл патентів за роками	13	7	9	13	13	7
	Кумулятивний динамічний ряд	13	20	29	42	55	62

Джерело: сформовано автором

Для кожного ТН визначають коефіцієнт зростання винахідницької активності В за формулою (2.5). Напрямок, що аналізують, буде перспективним для

подальшого розвитку досліджень і розробок, якщо коефіцієнт зростання винахідницької активності більше нуля. Якщо винахідницька активність з цього ТН падає, подальше вдосконалення цього виду техніки є недоцільним.

При порівнянні напрямків між собою напрям, що володіє більшою швидкістю зростання, має більшу перспективність. У табл. 3.13 наведено коефіцієнт зростання винахідницької активності досліджуваних напрямків наноіндустрії.

Таблиця 3.13

Коефіцієнт зростання винахідницької активності досліджуваних напрямків наноіндустрії

Напрямок	В
Наноматеріали	0,28
Наноелектроніка	-0,27
Нанофотоніка	-1,33
Нанобіотехнології	0,1
Наномедицина	0,67
Методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв	0,94
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв	0,93

Джерело: сформовано автором

Отже, за результатами проведених бібліометричного і патентного аналізів у вихідний перелік з визначення пріоритетних напрямів розвитку наноіндустрії увійшли ті, які отримали найвищі оцінки, а саме: (1) наноматеріали, (2) наномедицина, (3) методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв, (4) технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв.

Наступним кроком є розрахунок значень критеріїв, які передбачені національною методикою форсайт-досліджень, для кожного з вихідних напрямів. Зазначені критерії, згідно з їх значеннями, ділять на кількісні та якісні, отримані опитуванням експертів. Згідно з прийнятими допущеннями розрахуємо значення основних критеріїв для кожного напрямку наноіндустрії.

До кількісних критеріїв з основної групи належать: «Обсяг фінансування» (K_{ϕ}) та «Результативність науково-технічної діяльності» (K_{HTA}). Для отримання значень за критерієм «Обсяг фінансування» використовувалися дані Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 рр. [143; 203; 204]. Критерій «Результативність

науково-технічної діяльності» має на увазі сумарний розрахунок індикаторів розвитку цього напрямку за останній рік, таких як: загальне число діючих патентів вітчизняних та іноземних заявників в Україні; кількість поданих патентних заявок і заявок на корисні моделі; кількість придбаних прав на патенти і патентні ліцензії.

До основних якісних критеріїв, значення яких отримані шляхом експертного оцінювання, відносяться: застосовність, перспективи виходу на світовий ринок, наявність наукового лідера. Кожен із зазначених критеріїв має бальну оцінку і може приймати такі значення:

- застосовність у найближчому майбутньому (K_{3M}): до 3 років (3 бали); через 3–5 років (2 бала); через 5–10 років (1 бал);
- перспективи виходу на світовий ринок (K_{CP}): має (2 бали); немає (1 бал);
- наявність наукового лідера (K_{HL}): має (2 бали); немає (1 бал).

Для визначення значень за кожним із якісних критеріїв експертам необхідно заповнити опитувальну анкету, в якій зазначаються найменування критеріїв та їх можливі значення. Список експертів, що беруть участь в опитуванні, наведено в табл. 3.4.

Результати опитування за кожним із напрямків зводяться в таблицю. Так, для напрямку «Наноматеріали» результати експертного оцінювання наведені у табл. 3.14.

Таблиця 3.14

Результати експертного оцінювання напрямку «Наноматеріали»

Критерії	Експертна оцінка напрямку, бал											
	Наноматеріали											
	Експерт											
	Fn_0003	Fn_0011	Fn_0001	Fn_0005	Fn_0006	Fn_00017	Fn_0020	Fn_0002	Fn_0018	Fn_0007	Fn_0009	Fn_0015
Застосовність у найближчому майбутньому (K_{3M})	3	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
Перспективи виходу на світовий ринок (K_{CP})	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
Наявність наукового лідера (K_{HL})	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

Джерело: сформовано автором

Для обробки групових експертних оцінок необхідно перевірити ступінь узгодженості думок експертів, а потім визначити узагальнену (агреговану) групу оцінку для кожного з напрямів за кожним із критеріїв. Як показник ступеня узгодженості думок експертів розрахуємо значення коефіцієнта конкордації (3.9). Чим більше коефіцієнт конкордації до значення «1», тим більш злагоджена думка експертів. Якщо ж узгодженість думок експертів відсутня, проводиться повторне анкетування. Експертам, окрім опитувальних анкет, висилається додаткова інформація про предмет експертизи, і вони, як правило, коригують свої оцінки. Скоригована інформація знову надходить до аналітичної групи для перевірки узгодженості. Значення коефіцієнта конкордації за напрямами наноіндустрії, що беруть участь в оцінці, відображені у табл. 3.15.

Таблиця 3.15

Значення коефіцієнта конкордації для напрямів наноіндустрії

Напрямок	Gі
Наноматеріали	0,6
Наномедицина	0,7
Методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв	0,5
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв	0,6

Джерело: сформовано автором

Згідно з отриманими значеннями середнього квадратичного відхилення у відповідях експертів можна дійти висновку про узгодженість думок експертів.

Наступний крок – розрахунок групової оцінки кожного ТН з урахуванням вагових коефіцієнтів експертів з табл. 3.1 (як середньозважену, за методом середніх бальних оцінок).

Таким чином, отримуємо множину значень критеріїв для кожного з напрямів наноіндустрії, що наведено у табл. 3.16.

Поставлене нами завдання про вибір найбільш пріоритетних напрямів розвитку наноіндустрії відноситься до класу багатокритеріальних завдань прийняття рішень, мета яких полягає у виділенні множини Парето, тобто в отриманні напрямів, що мають найбільш високі оцінки за кожним із критеріїв.

Усі критеріальні функції f_j відображають корисність ТН $x \in X$ з боку різних критеріїв оцінки і повинні бути сумірними, тобто значення кожної критеріальної функції змінюються в одних і тих же межах $[a, b]$:

$$\forall x \in X: 0 \leq a \leq f_j(x) \leq b, j = \overline{1, m}.$$

Таблиця 3.16

Значення основних коефіцієнтів для напрямків наноіндустрії

Напрямок	K_{OF} млн грн	K_{HTDI} шт.	$K_{ЗМ}$	$K_{СР}$	$K_{НЛ}$
Наноматеріали	44,5	17	26,96	11,21	11,04
Наномедицина	30,7	18	27,33	13,2	10,86
Методи й інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв	36	12	27,89	11,1	10,93
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв	65,8	19	28,47	15,82	12,74

Джерело: сформовано автором

Значення нових критеріальних функцій $\bar{f}_j(x)$ наведено в табл. 3.17.

Таблиця 3.17

Значення критеріальних функцій в інтервалі [0, 1]

Напрямок (x_j)	Критеріальні функції $\bar{f}_i(x_j)$				
	$\bar{f}_1(x_j)$	$\bar{f}_2(x_j)$	$\bar{f}_3(x_j)$	$\bar{f}_4(x_j)$	$\bar{f}_5(x_j)$
Наноматеріали (x_1)	0,61	0,11	0,29	0,01	0,003
Наномедицина (x_2)	0,36	0,13	0,3	0,04	0
Методи й інструменти дослідження і сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв (x_3)	0,46	0,02	0,31	0,004	0,02
Технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв (x_4)	1	0,15	0,32	0,09	0,09

Джерело: сформовано автором

Векторна оцінка містить повну інформацію про цінності (корисності) цього ТН, і порівняння будь-яких двох ТН замінюється порівнянням їх векторних оцінок. Основне відношення, за яким проводиться порівняння векторних оцінок (а отже, і порівняння ТН), – це відношення домінування по Парето [222]. Тут кращим вважається такий ТН, для якого не існує іншого ТН, кращого, ніж цей, хоча б за одним із критеріїв, і не гірше за нього по всіх інших.

У нашому випадку $m = 5$ и $Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}$, тобто згідно зі значеннями критеріальних функцій (табл. 3.11) отримуємо такі векторні оцінки ТН:

$$y_1 = (0,61; 0,11; 0,29; 0,01; 0,003),$$

$$y_2 = (0,36; 0,13; 0,29; 0,3; 0,03ж 0),$$

$$y_3 = (0,46; 0,02; 0,31; 0,004; 0,02),$$

$$y_4 = (1; 0,15; 0,32; 0,09; 0,09).$$

Для відшукування множини Парето-оптимальних векторів вважаємо $Y_1 = Y_i$ і порівнюємо першу оцінку з іншими. У підсумку отримуємо таку множину Парето-оптимальних векторів:

$$P(Y) = \{y_1, y_4\}. \quad (3.11)$$

На підставі отриманого результату можна дійти висновку, що пріоритетними напрямками розвитку наноіндустрії є наноматеріали та технології, а отже, спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв, оскільки їх векторні оцінки складають множину Парето.

Висновки до розділу 3

1. За результатами проведених досліджень встановлено, що у більшості країн, які претендують на лідерство як на регіональному рівні, так і у глобальному світі, технологія форсайт є сьогодні ефективним інструментом вибору пріоритетів у сфері науки і технологій для ефективної реалізації національних і міжнародних програм науково-технічного та інноваційного розвитку. Показано, що в сучасних умовах необхідно враховувати зміни у задачах науково-технічної та інноваційної політики, серед яких: (1) розвиток інноваційного потенціалу людських ресурсів (кадри, споживачі інновацій, розвиток малого інноваційного підприємництва тощо); (2) зниження бар'єрів для інноваційної діяльності; (3) сприяння процесу створення і практичного використання знань; (4) застосування інновацій для відповіді на глобальні виклики; (5) підвищення ефективності політики у сфері науки й інновацій.
2. Доведено, що в сучасних форсайт-дослідженнях, перш за все, слід виділити виявлення і дослідження глобальних викликів як надзвичайно масштабних і складних проблем, з якими людство вже стикнулося і вплив яких у середньо- і довгостроковій перспективі буде посилюватися. Вони носять міждисциплінарний характер, потребують координації дій різних органів управління на всіх рівнях – від міжнародного до окремих регіонів, їх вирішення залежить від поширення конвергентних технологій у всіх сферах соціально-економічного і, перш за все, науково-технологічного розвитку. Як наслідок, у складі пріоритетів науково-

- технологічного розвитку розглядаються: (1) системні цільові орієнтири на макрорівні, що враховують вплив на сферу науки і технологій політичних, економічних і соціальних умов; (2) функціональні пріоритети, пов'язані з факторами розвитку національної науково-технічної та інноваційної політики та інноваційних систем усіх рівнів; (3) власне науково-технологічні пріоритети.
3. На основі картування методології форсайт-досліджень (застосування творчих інструментів, емпіричні методів, інтерактивних методик, доказових механізмів) доведено, що всі вказані методики використовують інформаційні технології, оскільки сьогодні існують багаточисельні програми, що забезпечують різноманітні види моделювання, глибинний аналіз даних, сканування, візуалізацію та організацію партисипативних процесів. Виявлено, що найбільшу популярність у глобальному масштабі мають такі методики проведення форсайту, як експертні панелі, аналіз літератури, сценарії, екстраполяції / глобальні тенденції, ключові технології. Але в умовах суттєво обмежених ресурсів у країнах, що розвиваються, існує необхідність подальшого вдосконалення і автоматизації методології форсайт з метою прогнозування і виділення найбільш перспективних напрямів розвитку новітніх міждисциплінарних науково-технічних досліджень і конвергентних технологій, наприклад, нанотехнологій, що мають революційний вплив на суспільство.
4. Показано, що практика визначення загальнодержавних пріоритетів розвитку науки і техніки в Україні тільки у 2011 р. набула більш конкретних форм, але їх все ще забагато для того, щоб сконцентрувати невеликі обсяги бюджетних коштів на дійсно найважливіших напрямках, які повинні вирішувати загальні та специфічні проблеми, що стоять перед Україною.
5. На основі аналізу результатів державних програм прогнозування науково-технологічного розвитку України встановлено, що відібрані групами експертів критичні технології відповідають стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційного розвитку країни за цей період, а саме: (нанотехнології, біотехнології, мікроелектроніка, нові матеріали, високоякісна металургія). При цьому офіційно затверджені і профінансовані сьогодні стратегічні інноваційні пріоритети України практично не відповідають інноваційним пріоритетам і передовим виробничим технологіям, які знаходяться у фокусі науково-технічної та інноваційної політики розвинутих країн-лідерів (крім другого і четвертого пріоритету).

6. За результатами форсайту економіки України встановлено, що можливість реалізації у 2020–2025 рр. мають: (1) високу – аграрний сектор і військово-промисловий комплекс; (2) середню – створення нових речовин і матеріалів та нанотехнології, інформаційно-телекомунікаційні технології, енергетика, високотехнологічне машинобудування; (3) низьку – розвиток наук про людину, біомедична інженерія, клітинна медицина та фармацевтика. В той же час обґрунтування вибору вказаних пріоритетів потребує більшої формалізації та об'єктивного аналізу і прогнозування.
7. У роботі встановлено, що в Україні проводяться фундаментальні та прикладні дослідження з низки конвергентних технологій у рамках державних і академічних цільових програм НАНУ, але дотепер відсутні обґрунтування вибору пріоритетних тематичних напрямів досліджень, що враховують прогнозні або форсайтні дослідження перспектив розвитку тих чи інших науково-технологічних областей, рівень інноваційних розробок, стан інфраструктурного забезпечення і фінансування у країні. В Україні в умовах обмежених бюджетних ресурсів існує необхідність подальшої адаптації наявних методик прогнозування майбутнього і, перш за все, максимальної автоматизації методології форсайту, що дозволить значно скорити витрати на проведення подібних досліджень.
8. Проведений аналіз національного форсайт-дослідження в рамках «Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку у 2004–2006 рр.» дозволив виявити низку його суттєвих недоліків, що не дозволяють проводити регулярні дослідження внаслідок їх складності і відносно великої вартості. Запропоновано нову процедуру форсайт-досліджень, яка порівняно із традиційною має принципові відмінності.
9. Насамперед доведено, що, на відміну від використання методу «снігової кулі», для формування експертної групи у форсайт-дослідженні (коли експерти обираються випадковим чином на основі інтерв'ю, а отримані вибірки не є репрезентативними) доцільно використовувати формальні методи підбору експертів, які б враховували компетентність експерта по певній тематиці. На етапі формування вихідного переліку тематичних напрямів у форсайт-дослідженні запропоновано використання технологій бібліометрії, наукометрії і патентного аналізу, що дає можливість забезпечити об'єктивність вихідних даних форсайт-дослідження. На етапі оцінювання та уточнення тематичних напрямів технології форсайт запропоновано використання принципу Парето-оптимальності, оскільки

його реалізація дозволяє відобразити якісну та кількісну природу критеріїв оцінки тематичних напрямків, а також підвищити адекватність експертного оцінювання при виборі цих напрямків. У результаті розроблено структуру удосконаленої процедури проведення національного форсайт-дослідження щодо вибору пріоритетів науково-технологічного розвитку України.

10. Переваги описаної процедури форсайт-дослідження проілюстровано на прикладі визначення науково-технологічних пріоритетів наноіндустрії як багатокритеріального завдання прийняття рішень, мета яких полягає у виділенні множини Парето, тобто в отриманні напрямів, що мають найбільш високі оцінки за кожним із критеріїв. Доведено, що з усіх обраних на початковому етапі напрямів розвитку нанотехнологій (наноматеріали, наноелектроніка, нанофотоніка, наномедицина, нанобіотехнології, методи та інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв, технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв) найбільш пріоритетними напрямами розвитку наноіндустрії в Україні є: (1) наноматеріали та технології; (2) спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв, оскільки їх векторні оцінки складають множину Парето.

Перспективи використання конвергентних технологій у галузях економіки України

4.1. Використання конвергентних технологій у медицині й агропромисловому комплексі України

У світовому науковому співтоваристві біотехнології відносять до «глобальних» чи конвергентних технологій, оскільки вони охоплюють широкий спектр наукових дисциплін, секторів економіки і розповсюджуються на величезні території нашої планети. Багато відомих учених вважають, що в XXI столітті біоекономіка, поряд із наноекономікою та інформаційною економікою, буде відігравати вирішальну роль у розробці і використанні високих технологій на національному і глобальному рівнях.

Біотехнологічна революція фактично розпочалася з останнього десятиліття XX століття і викликала потужну хвилю виробництва інноваційних продуктів і послуг у медицині, сільському господарстві, промисловості, електроніці, енергетиці, тобто практично у більшості секторів світової економіки. На початку XXI століття в ЄС була розроблена «Стратегія для Європи: науки про життя і біотехнологія», яка стала основою для країн ЄС при розробці їх національних політик в сфері біотехнологій [229]. В цій доповіді було визнано, що після інформаційної революції і розвитку ІКТ другою інноваційною хвилею розвитку стали біотехнології і науки про життя.

Організація з економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) надає сьогодні два визначення біотехнологій: просте визначення і більш широке, що спирається на список біотехнологічного застосування, або «списочне визначення» біотехнологічної техніки. У простому розумінні біотехнології – це сукупність фундаментальних і прикладних досліджень, а також інженерних рішень, спрямованих на використання біологічних об'єктів, систем або процесів у промислових масштабах.

У більш широкому визначенні експертами ОЕСР запропоновано такий перелік сучасних конвергентних біотехнологій, що застосовуються у медицині, фармацевтичній і біотехнологічній промисловості, біоенергетиці і сільському господарстві, а саме: (1) ДНК/РНК: геноміка; фармакогеноміка; генні датчики або генні детектори; DNA/RNA-секвенування/синтез і ампліфікація

(визначення первинної структури макромолекул; посилення процесу копіювання ДНК/РНК, генетично виражене профілювання і т. ін.); (2) протеїни та інші молекули: секвенування/синтез і конструювання протеїнів і пептидів, включаючи великі гормональні молекули; покращена система доставки лікарських препаратів у конкретні точки організму на основі великих молекул; протеоміка; ізолювання і очищення протеїнів, сигналізація та ідентифікація клітинних рецепторів; (3) клітинні і тканинні культури та їх конструювання: ферментація, що використовує біореактори; біопроцеси; біовилуження; пом'якшення деревини за допомогою дереворуйнуючих грибків; біодесульфатизація; біологічне очищення заражених органічними відходами ґрунтів за допомогою грибків; біофільтрація та ін.); (4) гени і РНК-вектори: генна терапія, вірусні вектори; (5) біоінформатика: конструювання баз даних геномів; протеїнового секвенування; моделювання складних біологічних процесів, включаючи системну біологію; (6) нанобіотехнології: інструменти і процеси, що використовують нано- і мікротехнології з метою створення обладнання для вивчення біосистем і використання в системах доставки лікарських препаратів в організм, діагностиці тощо [230].

В той же час різниця між фармацевтичною індустрією і сучасною промисловою біотехнологією полягає у практичній сфері: фармація виробляє порівняно низькомолекулярні ліки, а біотехнології – більш крупні біомолекули, такі як функціональні білки і антитіла. Прикладами біотехнологічних продуктів сьогодні є білок еритропоетин (стимулює створення еритроцитів), рекомбінантний людський інсулін, людський інтерферон, людський і тваринний гормони росту, терапевтичні антитіла тощо.

Сьогодні все більшого визнання в науково-технічному середовищі набувають саме біотехнологічні підходи до технічних завдань, оскільки вони не менш універсальні, а найчастіше й більш ефективні, ніж традиційні. Крім того, вони, як правило, екологічні, не потребують дефіцитної сировини, високих температур і тиску для проведення процесу. При цьому за рахунок нанотехнологій з'явилась змога радикально розширити галузі застосування біотехнологій. Тобто синтезом нанотехнологій і біотехнологій є нанобіотехнологія або біонанотехнологія. Використання принципів, по яких жива природа вибудовує надзвичайно ефективні наноструктури, може виявитися винятково корисним у створенні високоєфективних каталізаторів, високоякісних полімерів, мембранних структур з керованою селективною проникністю, нових лікарських засобів і методів діагностики хвороб, наномашин і нанороботів, наноелектроніки тощо.

Під терміном «нанобіотехнологія» (який вперше з'явився в базі Medline в 2000 р.) розуміють сукупність провідних вдосконалених біотехнологічних методів і продуктів. Вони включають різноманітні підходи і прийоми для ство-

рення більш чутливих і точних наносистем, що працюють у реальному часі (наприклад, лабораторії на чипі (lab-on-chip), наносенсори, нановпорядковані матриці для керованого виробництва ліків, інженерії і регенерації живих тканин; наноінструменти (або нанороботи) для виконання медичних процедур; наномашини, що замінюють живі органи).

Під терміном «біонанотехнологія» (вперше з'явився в базі Medline в 2004 р.) розуміють сучасні нанотехнології, основані на використанні біологічних будівельних блоків, принципів біоспецифічності і біологічної активності (наприклад, інструменти з олігонуклеотидів ДНК, пептидних нанотрубок і білкових фібрил можуть бути використані для збирання в наноконструкції металевих нанопровідників та інших наноелементів, що застосовуються в молекулярній електроніці і наноелектрохімії [231, с. 12].

У табл. 4.1 наведено коротке зведення напрямів розвитку і сфер застосування нанобіотехнології [232, с. 441–442].

Таблиця 4.1

Основні напрями розвитку нанобіотехнології

Галузь	Конкретні приклади
Медицина	<ul style="list-style-type: none"> ▪ доставка лікарських препаратів і генів у середину клітини; ▪ використання ферментів і мікроорганізмів при виробництві складних ліків, синтез нових антибіотиків; ▪ діагностика й мікро-/нанохірургія; ▪ розробка біосумісних поверхонь контакту і матеріалів для протезування й імплантації
Генна інженерія	секвенування і модифікація ДНК
Сільське господарство	<ul style="list-style-type: none"> ▪ одержання нових штамів мікроорганізмів; ▪ нові методи селекції рослин і тварин (включаючи клонування)
Харчова промисловість	<ul style="list-style-type: none"> ▪ створення нових методів переробки та зберігання харчових продуктів; ▪ синтез білка з одноклітинними організмами
Хімічна промисловість	нові ефективні каталізатори, мембранні технології
Контроль за навколишнім середовищем	<ul style="list-style-type: none"> ▪ удосконалення методів тестування й моніторингу, засобів детектування й боротьби з хімічною і біологічною зброєю; ▪ технології переробки й утилізації відходів
Енергетика	нові види палива, способи його одержання, зберігання й використання
Наноелектроніка	<ul style="list-style-type: none"> ▪ сенсорика; ▪ біочипи; ▪ інформаційні технології
Матеріалознавство	<ul style="list-style-type: none"> ▪ вилуження руд; ▪ біосинтез; ▪ біорозкладання

Джерело: сформовано автором на основі [232, с. 441–442]

На рис. 4.1 наведено основні сфери, де поєднуються біонанотехнологія і нанобіотехнологія [231, с. 21].

Біонанотехнологія		Нанобіотехнологія	
<i>Біоінструменти для нанотехнології</i>	Самозбирання для створення наноструктур	<i>Наноінструменти для біотехнології</i>	«Клітина на чипі»
	Металізація самозборок		Тканинна інженерія на наноматрицях
	Матеріали, створені за подобою живих систем		Наноматрична діагностика
	Біомолекулярна електроніка		Квантові точки в біології

Рис. 4.1. Основні сфери, де поєднуються біонанотехнологія і нанобіотехнологія [231, с. 21]

Незважаючи на відмінності між біонанотехнологією і нанобіотехнологією, іде процес поєднання цих дисциплін. Наприклад, біомолекулярні структури, що були створені шляхом самозбирання, можуть слугувати в інженерії тканин як трьохвимірні матриці для вирощування складних органів «у пробірці». В цьому випадку біомолекули виконують ту саму роль, як і вуглецеві нанотрубки, тобто слугують підкладкою. Нанокаркас із біомолекул має унікальні переваги – може бути біосумісним і мати можливість розмітки сигнальними молекулами.

Ще одним напрямом міждисциплінарних досліджень і поєднання біонанотехнології, нанобіотехнології, біоніки і технологій, які розроблені за взірцем живих систем, є *нанобіологія*. Завданням біоніки (цей термін походить від слів «біо» й «електроніка») є застосування біологічних принципів при конструюванні й виробництві машин і механізмів. Прикладами біоніки є створення гелікоптера на основі досліджень і спостережень за польотом птахів; форма форштевня суден, що відтворює ніс дельфіна; поверхні, що самоочищуються, прототипом яких є листя лотосу. Принципи біоніки використовують і при створенні молекулярних двигунів і молекулярних машин.

Перспективи інновацій в області біотехнологій і живих систем були розглянуті ОЕСР в 2007–2008 рр. у рамках Програми міжнародного майбутнього IFP (International Futures Program) [233]. В цей же час ОЕСР було реалізовано проект «Біоекономіка 2030» як елемент NBIC-революції [234].

Як вважають експерти ОЕСР, біоекономіка до 2030 р. буде спиратися на три базових елементи: (1) повне пізнання генної структури і складних клітин-

них процесів в організмі людини; (2) виробництво «поновлювальної біомаси» як у сільському господарстві, так і для біоенергетики в біопромисловості; (3) комплексне та інтегральне застосування біотехнологій у різних секторах економіки, зокрема у сільському господарстві та енергетиці, що буде суттєво впливати на екологію планети і глобальний клімат.

Отже, можна виділити основні тренди у розвитку сучасної біоекономіки на основі конвергенції NBIC-технологій [235–239]:

- 1) *Біомедицина* як один з напрямів використання конвергенції NBIC-технологій, за різними оцінками, приведе до найбільш радикальних проривних досягнень у цій галузі інновацій. Як очікується, в XXI столітті досягнення нано- і біотехнологій створять нові методи в терапії і потенційні передумови до збільшення фізичних можливостей людини. Застосування міждисциплінарного підходу у методах дослідження забезпечує поєднання технологій різних наукових дисциплін, зокрема при створенні медичних нанотехнологій [240].

У табл. 4.1 наведено основні напрями розвитку сучасних медичних нанотехнологій у світі [241, с. 102–103].

Таблиця 4.1

Основні напрями розвитку сучасних медичних нанотехнологій

Медико-біологічні ефекти	Наночастинки та їх препарати	Галузі застосування
1	2	3
Каталіз синтезу активного кисню	Суспензії наночастинок кремнію; Фулерени із «прищепленими» фотосенсибілізаторами	Онкологія (альтернатива хірургії, радіотерапії); інфекційні, в тому числі вірусні захворювання; деякі порушення обміну (атеросклероз, діабет та інші); рани, травми
Матриця для комплексу з лікарськими речовинами, гормонами, імуноактивними речовинами	Нанотрубки, дендримери, нанокристали, фулерени тощо	Широке коло захворювань; підвищення ефективності та вибіркованості, «ферментопатії», гормональні захворювання
Внутрішньоклітинне накопичення і транспортування крізь клітинну мембрану	Наночастинки типу квантових точок, фулерени, наносфери, наночастинки з біоматеріалами	Онкологія (зниження загальної токсичності хіміотерапії); «клітинна терапія» – можливість виправлення генетичних дефектів; затримка старіння

Закінчення табл. 4.1

1	2	3
Зміна властивостей і структури тканин	Багато видів наночастинок і нанопродуктів	Пластична хірургія (відкладення жиру, дистрофія м'язової тканини тощо)
Утворення кровоносних судин (неоангіогенез)	Комплексні наночастинок з наноактивами	Ішемічні стани, інфаркти, інсульти тощо
Канали передачі інформації, створення мікрокомп'ютерних пристроїв	Наночастинок платину, золота; Мікросхеми на базі наночастинок	Протезування нервових волокон і центрів
Внутрішньосудинний транспорт газів, поживних речовин	Наноемульсії і нанопіна	Дефіцит крові, анемії, обмеження ентєрального харчування тощо
Навігаторні (керовані) пристрої, що самостійно рухаються	Композитні матеріали; енергостанції на вуглецевих нанотрубках; нанотрубки як «щітки»	«Асенізаційні виконавці» («двірники» для очищення внутрішньої поверхні судин, розчищення відкладень солей)
Зміцнення ділянок тіла, захист від механічних пошкоджень	Вуглецеві нанотрубки, нанокомпозити	«Охоронець», внутрішній бронезжилет
Ефект самоочищення, знезараження, оздоровлення	Наночастинок окислів металів (титану, барію, кальцію)	Широкий асортимент виробів для санітарії, гігієни, виготовлення продуктів харчування тощо

Джерело: сформовано автором на основі [241, с. 102–103]

Так, до головних напрямів використання *нанобіоматеріалів* у медицині слід віднести: медичний інструмент, терапія та діагностика захворювань, імплантація, тканинна інженерія, мікроелектроніка (нанокомпоненти мікроелектронно-механічних систем – МЕМС); адсорбція токсинів і виведення їх з організму; біоінструментарій, діагностика (наносенсори, детекція наночастинок у біооб'єктах) [242, с. 78]. Сьогодні виокремлюють три основні сегменти ринку нанотехнологій у сфері «Медицина і біотехнології» відповідно до галузі застосування, а саме: (1) медичні дослідження, клінічна діагностика і медичні прилади (системи Nano-HPLC або високопродуктивної рідинної хроматографії, біомагнітна сепарація, реагенти трансфекції, наномембрани, наноманіпулятори, замітники кісток, протимікробні перев'язувальні матеріали, спинтронні датчики, леза скальпелів, хірургічні голки, медичний одяг, медичні трубки, протиінфекційні покриття медичних приладів, контрастні препарати для магнітно-резонансної томографії, скандувальні вимірювальні наконечники мікроскопів, флуоресцентні препарати для оптичного фор-

мування зображення); (2) фармацевтичні препарати і лікарські сполуки (доставка лікарських засобів, лікарські сполуки із покращеною розчинністю, ліки від раку, що вкладені в наноліпосоми, гормональна терапія, заснована на нанофосфоліпідах, терапія AMD, заснована на аптамерах); (3) продукти кінцевого споживання (сонцезахисні засоби та косметичні препарати, що захищають від ультрафіолетового випромінювання, антиоксиданти, харчові добавки, продукти харчування і напої) [243, с. 55].

Ще одним прикладом міждисциплінарної галузі досліджень високого рівня є *синтетична біологія*, яка включає синтез складних біологічних і біологічно інспірованих систем, які мають функції, відсутні в природі, в тому числі й у людини. За прогнозами, інжиніринг синтетичних біологічних систем буде реалізовуватися на різних рівнях, починаючи з клітин, тканин і закінчуючи синтетичними організмами, з використанням можливостей нанотехнологій. Синтетична біологія спрямована на перепроєктування існуючих у природі біологічних систем і органів для використання їх в організмі людини [240, с. 81]. У синтетичній біології найбільш яскраво проявляється конвергенція NBIC-технологій, оскільки дослідження у цій галузі проводяться спільно з інженерами, технологами промислового виробництва, вченими у галузі молекулярної біології, органічної хімії, інформатики, нанобіотехнологій тощо. Наприклад, біологічні елементи трансформуються у мікромашини, створюючи штучні біосистеми, які імітують характеристики живих систем (такі технології одержали назву біоміметика). Ще одним із напрямів досліджень в області синтетичної біології є формування такої галузі генної інженерії, яка б дозволила перейти від клітинного рівня до створення крупних штучних біосистем, використовуючи ті ж методи, які застосовуються під час будування мостів, комп'ютерів і будівель [244; 245].

У табл. 4.2 наведено приклади терапевтичних продуктів рДНК, які сьогодні доступні для клінічного застосування [246, с. 215–216]. У табл. 4.3 підсумовані варіанти синтезу людських білків з використанням рДНК, включаючи як варіанти, що застосовуються сьогодні, так і варіанти, що знаходяться у розробці [246, с. 216–217].

- 2) *Біочипи*. Сьогодні у промисловості напівпровідників відбувається поступовий перехід від виробництва чипів на основі кремнію до виробництва біологічних чипів. Однак серійне виробництво біочипів утруднюється внаслідок двох причин: (1) біологічні компоненти в електроніці не досягли ще рівня стандартизації для початку масового виробництва; (2) все ще існує різна «ідеологія» у самій біології розробки і виробництва біочипів;

Таблиця 4.2

Препарати, засновані на застосуванні рекомбінантної ДНК-технології

Продукт	Дія
1	2
Альфа-інтерферон	Хронічний гепатит С, лейкоз ворсистих клітин, хронічний гранулематоз, множинний склероз
Бета-інтерферон	Хронічний гепатит С, лейкоз ворсистих клітин, хронічний гранулематоз, множинний склероз
Білки морфогенезу кісткової тканини	Індукують регенерацію кістки
Кальцитонін	Сприяє затримці кальцію в кістках
Фактор згортання крові ІХ	Гемофілія В
Колонієстимулюючий фактор	Сприяє росту В-лімфоцитів
ДНКаза (пульмозин)	Подавляє секрецію слизу (кісткозний фіброз)
Епідермальний фактор росту (ЕFG)	Сприяє лікуванню пошкодженої шкіри
Еритропоетин	Стимулює продукцію червоних кров'яних клітин
Фактор згортання крові VII, VIII	Сприяє згортанню крові
Гамма-інтерферон	Хронічний гепатит С, лейкоз ворсистих клітин, хронічний гранулематоз, множинний склероз
Глюкоцереброзідаза	Хвороба Гоше
Гранулоцитарний колонієстимулюючий фактор (G-CSF)	Нейропенія (агранулоцитоз), трансплантація кісткового мозку
Гранулоцитарно-моноцитарний колонієстимулюючий фактор (GM-CSF)	Трансплантація кісткового мозку
Вакцина проти гепатиту В	Антигени, що індукують імунну відповідь при гепатиті В
Людський гормон росту (HGH)	Індукує ріст кісток
Інсулін	Лікування діабету
Інсуліноподібний фактор росту (IGF-1)	Індукує ріст
Інтерлейктин-2	Стимулює імунну систему
Інтерлейктин-10	Профілактика тромбоцитопенії
Моноклональні антитела	Впливає на специфічні білкові структури, що використовується в діагностиці, лікуванні раку, при аутоімунній хворобі
Активатори плазміногену	Розсмоктування тромбів
Проурокіназа	Антикоагулянт
Релаксин	Викликає релаксацію м'язів під час родів
Супероксидістауза	Мінімізує пошкодження при кисневій нестачі; антиоксидант

Закінчення табл. 4.2

1	2
Тканинний активатор плазмогену (активаза)	Розсмоктування тромбів
Фактор некрозу пухлин (TNF)	Атакує ракові клітини; використовується під час лікування ревматоїдного артриту

Джерело: сформовано автором на основі [246, с. 215–216]

Таблиця 4.3

Можливості виробництва людських білків з використанням технології рекомбінантної ДНК

Спосіб виробництва	Поточний стан	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
У бактеріях	Методи первинного виробництва	Бактерії легко підтримувати в культурі; вони, як правило, секретують білок	Багато з білків неможливо одержати в кінцевій формі
У дріжджових клітинах	Широко використовується	Белки синтезуються у формі, більш наближеній до людської	Клітини необхідно лізувати для одержання білку; дріжджі складніше підтримувати в культурі, ніж бактерії
У клітинах ссавців	Використовується в декількох випадках, особливо гібридами	Білки синтезуються у формі, більш близької до людської	Клітини дуже складно підтримувати в культурі; може відбутися забруднення вірусами або пріонами
У клітинах людини	У розробці	Білки синтезуються в необхідній для людини формі	Ризик забруднення вірусами і пріонами найвищий; дуже ламкі клітини; необхідна генно-інженерна модифікація для культивування клітин
У клітинах комах	В розробці	Висока швидкість виробництва	Клітини комах дуже відрізняються від клітин ссавців; методи культивування знаходяться в розробці
У трансгенних тваринах	Поки ще не застосовується при лікуванні, але деякі продукти близькі до цього	Відносно недорого порівняно з методами, що використовують культуру клітин	Потребують тривалого часу для дозрівання; препарати можуть справляти шкідливий вплив на тварин; може відбутися забруднення вірусами або пріонами
В яйцях трансгенних курчат	На ранніх стадіях розробки	Швидке дозрівання; легко одержувати продукт; тварини захищені від дії препаратів	Важко одержати трансгенні яйця

Закінчення табл. 4.3

1	2	3	4
У трансгенних рослинах	Деякі продукти використовуються для лікування, інші знаходяться в розробці	Відносно недорого порівняно з методами, що використовують культуру клітин; дешевше, ніж використання трансгенних тварин; препарати нетоксичні для рослин	Міграція трансгенів у дикі популяції (ауткроссінг); небезпечні для навколишнього середовища, особливо насіння, яке є найбільш вигідним місцем концентрації білку

Джерело: сформовано автором на основі [246, с. 216–217]

- 3) *Біологічні запчастини, цивільні і військові екзоскелетони, біogerонтологія.* Науково-дослідні роботи в області створення «біологічних запчастин» для «ремонту» людського організму мають за мету як заміну різних органів і частин тіла людини, так і посилення його фізичних можливостей і функцій.
- 4) *Стовбурові клітини та їх використання.* Використання стовбурових клітин для «біоремонту» людини засновано на їх унікальній властивості – можливості необмеженого самооновлення і відродження інших клітин різних типів. Як прогнозує Rand Corp., до 2020–2030 рр. розширяться дослідження і застосування терапії з використанням стовбурових клітин для збільшення і трансформації мозкових або інших функцій, а також для різних органів людського тіла (наприклад, серця, нирок, печені і підшлункової залози [115–117]).
- 5) *Самозбирання і виробництво на основі ДНК, конвергентні «розумні» матеріали.* Самозбирання з використанням молекул ДНК може реалізуватися на основі біметичних виробничих систем, що значною мірою копіюють природні схеми і застосовуються на основі «функціоналізації невеликих неорганічних блоків з молекулами ДНК, застосуванням процесів молекулярного розпізнавання ДНК з подальшою зборкою цих блоків у більш подовжені структури» [118]. Самозбирання з використанням ДНК у перспективі приведе до створення біосенсорів або нанолітографічної техніки задля формування відповідних біомолекул.

Виробництво первинної біопродукції і сьогодні, і в перспективі буде пов'язане з підвищенням ефективності функціонування природних систем життєзабезпечення людини, зокрема за рахунок застосування біотехнологій. У перспективі біотехнології в сільському господарстві будуть відігравати ви-

ключно важливу роль, оскільки очікується значне зростання кількості населення Землі, а отже, і зростання попиту на біопродукцію.

Деякі сучасні біотехнології, до яких відносяться генетичні модифікації, секвенування ДНК (тобто один з найпоширеніших методів визначення послідовності нуклеотидів у молекулах ДНК), біоінформатика і метаболічний інжиніринг (технології зміни обміну речовин в організмі), вже знайшли комерційне використання у певних секторах сільського господарства. Наприклад, основне застосування вказані технології знаходять зараз у брідінгу і діагностиці в зерновому секторі сільського господарства, тваринництві і частково ветеринарній медицині. Біотехнології широко застосовуються для створення нових видів сільськогосподарських рослин, продуктів, кормів, волокнистих прядильних культур, свійських тварин і птиці з покращеними генетичними якостями. Так, досягнення в молекулярній генетиці надали можливість створення техніки генної селекції, головним чином для боротьби із захворюваннями тварин і знешкодження генних дефектів. Інноваційні біотехнології, включаючи технології клонування, трансгенозу і трансферу соматичного (тілесного) матеріалу, матимуть величезний вплив на розвиток тваринництва і птахівництва в XXI столітті [244].

У табл. 4.4 наведено приклади застосування біотехнологій у сільському господарстві [246, с. 255].

Таблиця 4.4

Переваги та ризики застосування біотехнологій у сільському господарстві

Технології	Вигоди	Ризики
1	2	3
Трансгени (у цілому)	Можливість покращити всі форми сільського господарства	Зменшення біорізноманіття з можливістю більш сильного впливу нових патогенів; надходження генно-модифікованих продуктів у харчовий раціон людини без інформування споживача; технологія може не працювати в нових умовах
Стойкість до гербіцидів	Збільшення сільськогосподарської продуктивності, зменшення використання гербіцидів, що не підлягають біодеградації	Ауткросінг, що призводить до розвитку суперсорняків, стійких до гербіцидів
Стойкість до комах-шкідників	Збільшення сільськогосподарської продуктивності, зменшення використання гербіцидів, що не підлягають біодеградації	Ауткросінг, що призводить до розвитку біотехнологічно стійких комах; фермери, що займаються органічним хліборобством, не зможуть застосовувати біотехнології; несприятливий вплив на популяції метеликів

Закінчення табл. 4.4

1	2	3
Підвищення харчової цінності	Позитивний вплив на поживну цінність продуктів у раціоні населення країн, що розвиваються	Може мати слабкий ефект, але при цьому служить тільки рекламою, пусканням пилу в очі для комерційних організацій
Загальна стійкість	Дозволяє вести сільське господарство в регіонах з несприятливими для цього умовами	Розвиток суперстійких рослин, які можуть принести неприємності, як, наприклад, трава, що активно розростається
Стійкість до заморозків	Збільшення сільськогосподарської продуктивності	Може призвести до змінення клімату
Нові джерела продукції (лауринова кислота з ГМ-рапсу)	Зменшення витрат на виробництво деяких рослинних продуктів	Може принести втрати і розорення в економіці, яка залежить від традиційних методів виробництва
Біоінженерні сільськогосподарські тварини	Збільшення продуктивності виробництва харчових продуктів тваринного походження	У випадку, якщо трансгенна риба з ферми опиниться в дикій природі, вона може витиснути природну популяцію

Джерело: сформовано автором на основі [246, с. 255; 247]

Як було вказано у розділах 2 і 3 роботи, в рамках виконання Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України в 2004–2006 рр. у результаті експертного опитування, здійсненого за методом Дельфі, було сформовано ієрархію науково-технічних та інноваційних пріоритетів на довго-, середньо- та короткострокову перспективу [149; 150; 248]. У тому числі й пріоритети і технології для України за напрямом «Біоаносистеми» наведені у табл. 4.5 [149, с. 44].

Крім того, постановою Бюро Президії НАН України від 31.01.2008 № 23 було затверджено перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок, в якому за напрямком наукових досліджень «Наноматеріали і нанотехнології» було визнано пріоритетною розробкою у такій сфері, як «Нанохімічні та нанобіологічні технології» (табл. 4.6) [154; 248].

Дослідження медико-екологічних проблем активно проводилися протягом останнього десятиліття Секцією хімічних і біологічних наук НАН України спільно з установами інших відділень НАН України й організаціями Академії медичних наук України та Української аграрної академії наук, в результаті яких було досягнуто певних успіхів у розв'язанні міждисциплінарних про-

Таблиця 4.5

Пріоритети і технології для України за напрямом «Біонасосистеми»

Пріоритети досліджень світового рівня	Найбільш вагомі сфери досліджень	Найбільш значущімі досягнення, конкурентні на світовому ринку	Найбільш важливі технології	Перспективні технології	Найбільш важливі напрями досліджень у довгостроковій перспективі (15–20 років)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ виробництво харчових продуктів домашок; ▪ одержання ліпідів і низькомолекулярних біологічно активних сполук; ▪ молекулярна діагностика; ▪ імунобіотехнології; ▪ біодеградація; ▪ біосенсорика; ▪ розробки фармацевтичних препаратів тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ створення і використання генетично модифікованих рослин і грибів, трансгенних тварин; ▪ створення і використання традиційних і рекомбінантних мікроорганізмів; ▪ медичні біотехнології; ▪ технологія виробництва біосенсорів для аналізу змісту різних сполук тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ технологія одержання рекомбінатних білків у рослинах і мікроорганізмах і т. ін. ▪ розробка тест-систем для діагностики вірусних і бактеріальних захворювань; ▪ створення пробіотичних препаратів; ▪ біотехнології захисту будівель і металевих конструкцій; ▪ біотехнології захисту навколишнього середовища; ▪ технології виготовлення протиракових вакцин тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ створення трансгенних рослин; ▪ очищення води; ▪ діагностичні тест-системи протиінфекційних агентів; ▪ видлення і використання стовбурових клітин тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ мікробіологічні засоби захисту рослин; ▪ біотехнології виробництва грибів; ▪ генетичне перетворення мікроорганізмів; ▪ генна терапія тощо 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ медичні біотехнології; ▪ одержання трансгенних рослин, тварин і грибів; ▪ розробка фармацевтичних препаратів; ▪ клітинна і генна терапія тощо

Джерело: сформовано автором на основі [149, с. 44]

блем [249–251]. Так, Постановою Президії НАН України від 11.03.2009 № 65 «Про підсумки діяльності Секції хімічних і біологічних наук НАН України у 2004–2008 рр.», зокрема, визначено, що за вказаний період в установах Відділення біохімії, фізіології і молекулярної біології НАН України подальший розвиток отримали сучасні наукові напрями [252]: (1) дослідження структури, фізико-хімічних властивостей і біологічних функцій складних білкових та надмолекулярних систем; з'ясування молекулярних механізмів специфічних змін провідності клітинних мембран при основних нервових процесах; (2) дослідження фізіолого-біохімічного і генетичного біорізноманіття та біосинтетичної здатності мікроорганізмів різних таксономічних груп; (3) геноміка та протеоміка; (4) генні та клітинні технології; (5) вивчення молекулярних та клітинних особливостей онкогенезу з метою розробки методів ранньої діагностики та нової стратегії терапії злоякісного процесу; (6) дослідження механізмів кріошкодженнь, кріозахисту, природної стійкості біологічних об'єктів до холоду та її репарації після дії холоду.

Таблиця 4.6

Найважливіші пріоритети наукових досліджень і розробок НАН України за напрямом «Біонаносистеми»

Глобальна проблема людства	Напрямок наукових досліджень	Розробки
1	2	3
Депопуляція і старіння населення	1. Новітні біотехнології для охорони здоров'я, фармакології та АПК	1.1. Клітинні та молекулярні технології для медицини та сільського господарства; 1.2. Генноінженерні технології з використанням рекомбінантних білків для діагностики та лікування інфекційних та інших поширених захворювань; 1.3. Методи молекулярної діагностики спадкових та злоякісних захворювань; 1.4. Нове покоління лікарських препаратів для профілактики та лікування серцево-судинних, неврологічних та інфекційних захворювань; 1.5. Створення системи виявлення та моніторингу генетично модифікованих організмів на ринку України; 1.6. Створення ефективної системи протидії біоагрозам різноманітного походження, а саме: біобезпека, пов'язана з ліками, епідеміями, проявами біотероризму
Нестача продовольства	2. Високопродуктивне сільське господарство	2.1. Генетика і селекція високопродуктивних сільськогосподарських культур і тварин; 2.2. Економіко-правові проблеми забезпечення ефективного агропромислового виробництва та розвитку сільських територій;

Закінчення табл. 4.6

1	2	3
		2.3. Якісна і безпечна продукція рослинництва і тваринництва для продуктів харчування і промислової сировини; 2.4. Системи дистанційного моніторингу стану ґрунтів і посівів сільськогосподарських культур

Джерело: сформовано автором на основі [154]

Завдяки спільним дослідженням та розробкам інститутів секції з установами інших відділень НАН України й організаціями АМН України та УААН було досягнуто успіхів у розв'язанні міждисциплінарних проблем завдяки виконанню низки цільових комплексних програм, а саме: (1) дослідження у галузі сенсорних систем та технологій (термін виконання 2003–2006 рр.); (2) сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб (з 2007 р.); (3) новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини (з 2004 р.); (4) фундаментальні проблеми водневої енергетики» (з 2006 р.); (5) «Біомаса як паливна сировина («Біопалива»)» (з 2007 р.). За період 2004–2008 рр. значна увага приділялась виконанню інноваційних та науково-технічних проектів НАН України. Так, наприклад, у галузі досліджень з проблем медицини були: (1) створені сучасні технології одержання VIII та IX факторів згортання крові, альбуміну, імуноглобулінів та інших білків у вигляді ефективних та вірусобезпечних медичних препаратів; (2) впроваджено новий оригінальний малотоксичний комплексний препарат Флокалін, який має антигіпертензивну та спазмолітичну дію і одночасно лікує захворювання сечового міхура; (3) завершено доклінічне дослідження (хронічна токсичність і безпечність) Циназепаму; (4) виконуються дослідження біофункціоналізованих нанокompatитів, перспективних для деконтамінації вірусів з плазми донорської крові; (5) опрацьовано та впроваджено методики аналізу мутантних варіантів генів, що спричинюють розвиток муковісцидозу, фенілкетонурії, спінальної м'язової атрофії, гемофілії А, міодистрофії Дюшенна тощо.

Постановою визначено, що за вказаний період в установах Відділення загальної біології НАН України отримано значущі результати з таких актуальних напрямів, як: (1) молекулярно-біологічні та молекулярно-генетичні механізми життєдіяльності рослинних клітин на основі розвитку біотехнології, геноміки та біоінформатики, структурної біології; (2) створення методів і технологій оперативного контролю екологічного стану біоти, оцінки і про-

гнозу якості морського середовища й рівня екологічного ризику в зонах активного моревикористання; (3) отримання біопалива з біомаси; розробка біотехнологій виробництва продуктів харчування, їх складових та біологічно активних компонентів, молекулярно-генетичних і біохімічних методів фітосанітарного, медико-біологічного контролю продовольчої сировини, харчових добавок, продуктів і кормів та наукових засад біобезпеки. В установах Відділення хімії НАН України отримано важливі результати з таких сучасних напрямів, як: (1) фізико-хімічні основи створення нових наноструктурованих систем, нанокомпозитних матеріалів різного функціонального призначення та нетрадиційних енергоекономних та екологічно сприйнятливих хімічних, фотохімічних, сорбційних та каталітичних процесів за їх участю; (2) розробка концепцій розвитку фізико-неорганічної хімії та нових способів створення матеріалів; (3) теоретичні основи модифікації синтетичних полімерів та композитів на їх основі природними полімерами та продуктами малотоннажної хімії – реакційно здатними олігомерами і поверхнево-активними речовинами, апретами, пластифікаторами; (4) дослідження процесу конверсії виходного вугілля в нанопористих матеріали для сорбції екотоксикантів, акумуляції водню та для створення іоністорів; (5) хімія, фізика та біологія води; (6) молекулярний дизайн, синтез та створення високоефективних препаратів ангіотензійної, анорексигенної, протиішемічної та кардіотропної дії; (7) методи синтезу і технології одержання практично важливих продуктів і матеріалів з вуглеводневої сировини.

Постановою Президії НАН України від 07.07.2010 № 222 започатковано цільову комплексну міждисциплінарну програму наукових досліджень НАН України «Фундаментальні основи молекулярних та клітинних біотехнологій» на 2010–2014 рр. [253]. В рамках затвердженої Концепції вказаної програми були виконані дослідження з таких напрямів сучасної біології, як: (1) вивчення властивостей і механізмів функціонування біомакромолекул, надмолекулярних комплексів, субклітинних і мембранних структур у нормі і патології; (2) розробка фундаментальних основ молекулярних і клітинних технологій для діагностики, профілактики і лікування захворювань та генетичного поліпшення живих організмів; (3) структурна, функціональна та порівняльна геноміка людини, тварин, рослин і мікроорганізмів; (4) сучасні аспекти створення біологічно активних препаратів, нових форм рослин та мікроорганізмів. Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2010–2014 рр. наведені в табл. Ж.1 Додатка Ж [256–260].

У 2015 р. розпочато виконання нової цільової комплексної міждисциплінарної програми «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медици-

ни, промисловості та сільського господарства на 2015–2019 роки», основними напрямками досліджень якої є такі: (1) вивчення особливостей транскриптому, протеому, імунному, інтерактому та метаболому людини у нормі і патології для потреб персоналізованої медицини та розробки сучасних методів профілактики та діагностики захворювань людини і тварин; (2) розробка та розвиток сучасних методів клітинних біотехнологій та метаболічної інженерії для створення суперпродуцентів біологічно активних речовин, нових форм рослин, мікроорганізмів для потреб медицини та народного господарства (зокрема для клітинної та тканинної інженерії); (3) мішень-спрямований пошук нових або модифікованих біологічно активних речовин, шляхів і засобів їхньої керованої доставки для створення новітніх лікувальних засобів; (4) молекулярно-генетичні аспекти вивчення структурно-функціональної організації геномів рослин та мікроорганізмів як фундаментальної складової молекулярних біотехнологій; (5) генетичні основи конструювання поліпшених штамів мікроорганізмів та ліній рослинних і тваринних клітин для розвитку медичних і сільськогосподарських біотехнологій [262]. Результати виконання вказаної програми за 2015 р. наведені в табл. Ж.2 Додатка Ж [261; 262].

Ще одним прикладом виконання комплексної міждисциплінарної програми стала програма фундаментальних досліджень НАН України «Дослідження у галузі сенсорних систем та технологій», що виконувалася протягом 2003–2006 рр. із залученням шести відділень НАН України, а саме: хімії; молекулярної біології, біохімії, експериментальної і клінічної фізіології; фізики й астрономії; фізико-технічних проблем енергетики; інформатики; фізико-технічних проблем матеріалознавства [263]. У процесі виконання цієї програми було одержано такі результати:

Під час виконання цієї програми за 2003–2006 рр. було вирішено низку фундаментальних і технологічних проблем, зокрема: (1) встановлено загальні закономірності процесів формування організованих біомолекулярних шарів і шляхів оптимального поєднання біоселективного матеріалу з поверхнями фізичних перетворювачів; (2) розроблено фізичні і фізико-технологічні засади створення сенсорів та сенсорних масивів на основі матеріалів мікроелектроніки; (3) запропоновано нові базисні електронні інформаційно-вимірювальні системи сенсорів та оптико-електронні пристрої з комп'ютерною обробкою; (4) розроблено теоретичні і технологічні засади створення принципово нових селективних елементів на основі біоміміків, що є вкрай важливим для подальшої розробки стабільних сенсорів, здатних працювати в режимі реального часу та в жорстких умовах; (5) розроблено фізико-хімічні основи створення

чутливих шарів з електропровідних полімерів і наноконпозиційних матеріалів для сенсорних та мультисенсорних систем; (б) створено нові матеріали на основі координаційних сполук, мезопористих матриць і композитів для розроблення високочутливих сенсорів й інтелектуальних сенсорних систем та високоселективні синтетичні рецептори катіонів, аніонів та нейтральних органічних молекул, в тому числі хіральных та біоактивних, на основі макроциклічних сполук – каліксаренів та циклофанів.

Крім того, Постановою Президії НАН України від 09.12.2009 № 322 було затверджено Концепцію комплексної науково-технічної програми «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» на 2010–2012 рр. [264]. У результаті виконання цієї програми в 2010–2012 рр. розроблено і виготовлено низку приладів для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб, які проходять апробацію в реальних умовах, як це вказано в табл. Ж.3 Додатка Ж [256–258; 265].

У 2012 р. Постановою Президії НАН України від 29.11.2012 № 242 було затверджено Концепцію комплексної науково-технічної програми «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація» на 2013–2017 рр., яка спрямована на розробку і впровадження нових сенсорних систем у практику, і які можуть забезпечити швидший, надійніший, чутливіший та дешевший аналіз різноманітних речовин порівняно з уже існуючими аналітичними методами. Це дасть змогу: покращити якість і доступність медичної діагностики; запобігти забрудненню навколишнього середовища; запобігти надходженню забруднених продуктів харчування до торговельної мережі; запобігти споживанню населенням питної води, забрудненої шкідливими хімічними сполуками та збудниками інфекційних захворювань; покращити контроль технологічних процесів фармацевтичного, біотехнологічного та хімічного виробництв [266–268]. Найбільш значущі результати виконання наукових проектів у рамках вказаної програми за 2013 рр. наведені в табл. Ж.4 Додатка Ж [259–261].

Дослідження, спрямовані на вирішення медико-біологічних проблем, а також проблеми взаємодії і взаємовпливу навколишнього середовища із здоров'ям людини вивчалися досить давно і були представлені кількома комплексними програмами наукових досліджень НАН України. Так, з 2001 р. протягом десяти років виконувалась комплексна програма наукових досліджень НАН України «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини», виконання якої завершилося у 2010 р. [269–271]. Напрямами реалізації програми були: (1) розроблення новітніх медико-біологічних і біоін-

женерних технологій для здоров'я людини та народного господарства; (2) біологічно активні речовини для здоров'я людини; (3) проблеми навколишнього середовища людини. Найбільш значущі результати виконання наукових проєктів в рамках вказаної програми за 2007–2009 рр. наведені в табл. Ж.5 Додатка Ж [254; 255].

Біотехнології також активно застосовуються при вирішенні екологічних проблем, що існують в Україні. Прикладом державної програми, спрямованої на вирішення вказаних проблем, є Цільова комплексна міждисциплінарна програма наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища на 2010–2014 рр., затверджена розпорядженням Президії НАН України від 03.02.2010 № 31 [272; 273]. Результатами виконання вказаної програми стали: (1) розробка та подання до владних структур проєктів Концепції та Стратегії сталого розвитку України та відповідного Національного плану дій; (2) розробка дієвих еколого-економічних механізмів раціонального використання, охорони та забезпечення моніторингу природних ресурсів; (3) розробка нових технологій ефективного використання енергетичних ресурсів; (4) подальша розбудова нових і забезпечення ефективного функціонування існуючих об'єктів природно-заповідного фонду держави, у т. ч. біосферних резерватів.

Враховуючи необхідність досягнення енергетичної незалежності України, в тому числі за рахунок суттєвого розширення використання альтернативних видів палива (наприклад, за рахунок ефективного використання біопалив у енергетичному балансі України), як це передбачено Законом України «Про альтернативні види рідкого та газового палива» від 14.01.2000 № 1391-XIV (1391-14), та на виконання п. 4.2 Постанови Президії НАН України від 12.07.2006 № 213 (v0213550-06) науковцями Секції хімічних та біологічних наук НАН України була підготовлена Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива»). Відповідно до Постанови Президії НАН України від 28.02.2007 № 56 було затверджено цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») [274]. У цій Концепції вказано, що до 2007 р. вчені НАН України вже мали доробки з покращення і розширення сировинної бази, удосконалення традиційних і розроблення власних технологій виробництва біопалив з урахуванням регіональних і технологічних особливостей, створення і поліпшення рецептур добавок до товарних палив тощо. Але існуюче виробництво біопалив в Україні базується на застарілих і відносно дорогих технологіях, які не забезпечують ані належної їх собівартості, ані кількості. Отже, основною метою цільової комплексної програми

наукових досліджень «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») є визначення пріоритетів у вирішенні проблеми значного підвищення ефективності виробництва різного типу біопалив шляхом розширення сировинної бази із застосуванням нових нетрадиційних культур і удосконаленням традиційних шляхом селекції і використання досягнень геноміки і біотехнології, створення та вдосконалення технологій отримання біопалив і білкових концентратів з різних культур й решток сільськогосподарського виробництва та продукції лісового господарства.

Першочерговими стратегічними пріоритетами програми були такі: (1) визначення найбільш перспективних джерел біопалива в Україні, включаючи нетрадиційні (тополя, верба, міскант та інші нові культури); (2) розробка технологій вирощування та основних напрямів використання нетрадиційних біоенергетичних культур як високоефективного відновлюваного джерела енергії. Забезпечення стабільно високого виходу абсолютно сухої маси (10–20 т/га – яка придатна для використання на тверде біопаливо) та високоякісної технічної олії (900–1100 кг/га – як джерела для біодизеля); (3) застосування методів біотехнології і генетичної інженерії рослин з метою збільшення продукції сировини для біопалива з одиниці площі за мінімальних енерговитрат з підвищеним вмістом корисних речовин, а також створення рослин – продуцентів олій; (4) удосконалення технологій отримання біопалива (біодизель та біоетанол) і білкових концентратів з рослинної сировини, з пошуком та генетичним конструюванням відповідних штамів мікроорганізмів; (5) розробка методів одержання вуглеводнів з біомаси сухих відходів і пошук методів одержання етилену з біомаси (хімічні та ферментативні процеси); (6) технології використання біосировини для отримання біопалива разом із створенням технологій для отримання супутніх органічних хімікатів (полілактат, молочна кислота, гідроксимасляна кислота, глютамінова кислота, фурфурол та продукти на його основі); (7) пошук шляхів використання побічних продуктів і відходів виробництва біопалива [274].

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2007–2012 рр. наведені в табл. Ж.6 Додатка Ж [254–258].

Продовженням програми досліджень зі створення українського біопалива стала Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013–2017 рр., концепція якої була затверджена розпорядженням Президії НАН України від 20.03.2013 № 189 [275; 276]. Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2013–2015 рр. наведені в табл. Ж.7 Додатка Ж [259–261].

У результаті виконання вказаної комплексної програми відбудеться: (1) залучення перспективних біологічних ресурсів, розробка і впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії для отримання рідких біопалив і розширення їх використання; (2) запровадження використання найбільш ефективних, у т. ч. нетрадиційних та альтернативних, джерел сировини для отримання біопалив; (3) отримання високоякісної сировини з енергетично цінних рослин, включаючи покращення показників їх продуктивності та кінцевого виходу спирту та олій; (4) підвищення якісного складу та кількісного вмісту енергетично цінних речовин (крохмалю, цукру, олії тощо) в біосировині для отримання рідких біопалив; (5) створення нових штамів мікроорганізмів, грибів і мікродоростей, а також розширення їх ресурсної генетичної бази для отримання рідких біопалив; (6) вдосконалення і розроблення новітніх хімічних технологій, а також застосування нових підходів для біоенергоконверсії; (7) удосконалення технологій хімічної трансформації жирних кислот в олії для одержання біодизеля; (8) вдосконалення існуючих та розробка альтернативних технологій отримання паливних компонентів, необхідних для виробництва біопалив; (9) використання відходів сільськогосподарського виробництва, лісової, харчової промисловості та побутових відходів як сировини для отримання біопалив; (10) практичне використання побічних продуктів та відходів виробництва біопалив; (11) порівняльний аналіз різних джерел біоенергетичної сировини з урахуванням собівартості, екологічної безпеки, а також можливості отримання при цьому додаткових корисних продуктів.

4.2. Розробка нанотехнологій, наноматеріалів і нових матеріалів в Україні

Як уже зазначалось у розділах 2 і 3 роботи, в Україні вже більше десяти років успішно ведуться роботи зі створення нанотехнологій і наноматеріалів. У 2011 р. автором також був проведений докладний аналіз перспектив створення і комерціалізації нанотехнологій у країнах світу й Україні [143; 186–195].

Очевидно, нанотехнології зможуть вийти на повномасштабне комерційне застосування, після того як будуть вирішені три проблеми: самоорганізація наноматеріалів, їхнє самоформування й самоскладання. Але вже сьогодні нанотехнології, які можна назвати системою управління речовиною на атомарно-молекулярному рівні, упевнено займають нові позиції у промисловості й суспільному житті. Сучасне застосування нанотехнологій, спрямоване на вирішення глобальних проблем, наведено в табл. 4.7 [10, с. 129; 173, с. 51–52].

Таблиця 4.7

Сучасне застосування нанотехнологій і глобальні проблеми

Глобальна проблема	Застосування нанотехнологій
Депопуляція й старіння людства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цільова доставка ліків і протеїнів. 2. Біополімери і загоєння біологічних тканин. 3. Клінічна і медична діагностика. 4. Створення штучних м'язів, костей, імплантація живих органів. 5. Біомеханіка, геноміка, біоінформатика і біоінструментарій. 6. Фармацевтика на нанорівні. 7. Реєстрація й ідентифікація канцерогенних тканин, патогенів і біологічно шкідливих агентів
Нестача продовольства	<ol style="list-style-type: none"> 1. Безпека в сільському господарстві й при виробництві їжі; 2. Розробка нових високопродуктивних сортів рослин, тварин та ін.
Екологічні проблеми, захист навколишнього середовища	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пристрої контролю оточуючого середовища
Нова енергетика й вичерпання природних ресурсів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Паливні елементи й устрої для зберігання енергії. 2. Сонячні елементи
Перехід до нового технологічного укладу (6 уклад)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Елементи наноелектроніки й нанофотоніки – напівпровідникові транзистори й лазери, фотодетектори, сенсори і т. д. 2. Пристрої надщільного запису інформації. 3. Телекомунікаційні, інформаційні й обчислювальні технології, суперкомп'ютери; пласкі екрани, відеопроєктори й монітори комп'ютерів. 4. Молекулярні електронні устрої, у тому числі перемикачі й електронні схеми на молекулярному рівні; нанолітографія й наноімпринтинг. 5. Устрій мікро- і наномеханіки, у тому числі актуатори й трансдуктори, молекулярні мотори й наномотори, нанороботи. 6. Нанохімія і катализ, у тому числі управління горінням, нанесення покриттів, електрохімія. 7. Авіаційне, космічне й оборонне застосування. 8. Засоби забезпечення безпеки й боротьби з тероризмом

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 129; 173, с. 51–52]

Класифікація нанопродукції, що враховує її ієрархічну складність, наведена на рис. 4.1 [10, с. 128; 232, с. 17]. Найширший клас – це наноматеріали й окремі наноб'єкти, наступний – нановироби, що складаються з багатьох елементів або потребують спеціальної обробки матеріалів. Більш складними в устрої та виробництві є гібридні системи, де сполучаються, наприклад, мікро-/наномеханічні вузли й електроніка (МЕМС/НЕМС); мікрохімічні лабораторії на одному чипі тощо. На вершині структурної піраміди стоять інтелектуальні

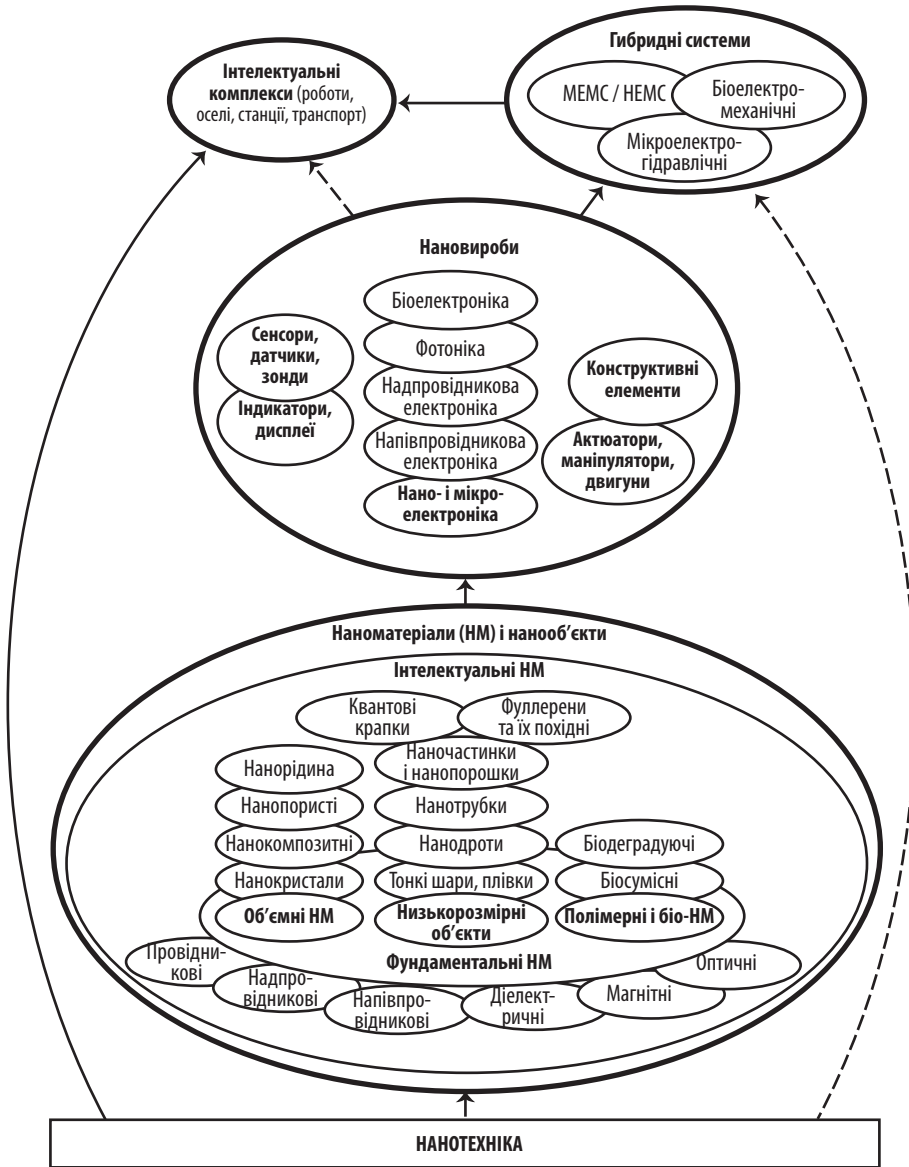


Рис. 4.1. Класифікація нанопродукції [10, с. 128; 232, с. 17]

роботи, багатокомпонентні системи, які містять сенсорні вузли, процесорну частину, виконавчі органи, рушій тощо.

Використання нанотехнологій та їх продуктів, перш за все, виявляється у створенні наноматеріалів. Термін «наноматеріали» охоплює велику групу різних матеріалів (наноструктурні, нанофазні, нанопористі, нанокомпозитні, а також нанопорошки, нанотрубки, нанокапсули, нановолокна, наночастинки, наноплівки тощо), які одержані на основі нанотехнологій. Типи нанопродукції, вироблені найбільшими компаніями, розподіляються у такий спосіб: наночастинки (54 %), нанотрубки (19 %), фулерени (7 %), пористі матеріали (7 %), квантові точки (6 %), нановолокна (3 %), нанопроводи (2 %), дендримери (2 %) [174, с. 36]. Тобто більшу частину від виробництва наноматеріалів становлять вуглецеві нанотрубки, а також металеві й метало-оксидні порошки. На другому місці – змішані металеві оксиди, неоксидні матеріали та силікати. Такі органічні частки, як дендримери, поки займають незначну частину від загального обсягу нановиробництва, хоча тут ведеться активна робота.

У табл. 3.1 Додатка 3 подано перспективи комерціалізації наноматеріалів у різних секторах наноіндустрії країн світу [10, с. 355–357; 243, с. 73–81]. У табл. 3.2 Додатка 3 також подано сьогодення й майбутнє у застосуванні наночастинок [175, с. 54–56], а у табл. 3.3 Додатка 3 – можливі застосування наноstruktur у різних сферах діяльності [232, с. 276–277].

Масовому застосуванню поки перешкоджають головним чином відсутність зручних високопродуктивних технологій одержання й розсортування наноstruktur і, як наслідок, висока вартість. У той же час у ряді галузей це не є вирішальним чинником. Так, для виробництва наноелектроніки, фотонних приладів, сенсорів не потрібна велика кількість матеріалу. Крім того, можливості застосування нових продуктів і технологій в оборонній промисловості, національній безпеці, медицині мало залежать від їхньої вартості.

В Україні, у 2003 р. НАН України започаткувала Цільову комплексну програму «Фундаментальні проблеми наноstrukturних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» за тринадцятьма (а з 2007 р. – за чотирнадцятьма) напрямками теоретичного та експериментального вивчення наносистем та у 4 розділах: «Фізика та діагностика нанорозмірних систем», «Хімія наноматеріалів та наноstruktur», «Технології наноматеріалів», «Біонаносистеми», яка виконувалася у два етапи – у 2003–2006 рр. та у 2007–2009 рр. [196; 197]. Найбільш значущими результатами виконання цієї програми за вказаний період стало впровадження у виробництво таких технологій, як: (1) ультразвукової технології виготовлення виробів із наномодифікованого вуглепластику;

(2) технології виготовлення магнітопроводів трансформаторів, телекомунікаційних систем, осердь вимірювальних приладів; (3) технології синтезу кальцієвих гідроксоapatиту і фторапатиту як біонаноматеріалів для медицини; (4) технології виготовлення радіаційно стійкого фотоперетворювача на основі структури $\text{In}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3\text{-GaSe}$ для виробництва фотоприймачів та фотовипромінювачів; (5) стійких нанорозмірних дисперсій каолініту як гетерокоагулянту, сорбенту; (6) установки очищення висококонцентрованих стічних вод із використанням ультрадисперсних фаз гідрооксидів заліза; (7) технології виготовлення біоактивних композитів «Синтекстка» для відновлення кісткової тканини після оперативного втручання в хірургії [10, с. 310–317; 199]. За період 2007–2009 рр. у рамках програми було придбано близько 20 унікальних приладів провідних світових виробників, створено центри колективного користування.

З 2010 р. було прийнято Державну цільову науково-технічну програму «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 рр. (ДЦНТП) у 9 найважливіших напрямках нанодосліджень, а саме: (1) нанобіотехнології; (2) наноелектроніка і нанофотоніка; (3) наноматеріали; (4) діагностика наноструктур; (5) забезпечення розвитку нашої індустрії; (6) технології напівпровідникових наноструктур; (7) фізика наноструктур; (8) нанохімія; (9) нанобезпека [199; 204]. Результатами виконання програми мали стати: розробка нанотехнологій, нанобіотехнологій, дослідно-промислових технологій; виготовлення наноматеріалів, вимірювальних приладів, типоміналів; створення біоелементів, біосенсорів, нанофотокаталізаторів; утворення підрозділів, центрів сертифікації; впровадження нанотехнологій. Програмою припускалося створення базових наукових кафедр за спеціальностями: «Нанофізика», «Наноелектроніка», «Нанобіомедицина», «Наноматеріалознавство» в усіх вищих держави.

Проте фінансування проектів за цією Державною програмою залишалось вкрай низьким. Так, наприклад, на 2010 р. і 2011 р. на виконання відібраних 120 проектів було виділено трохи більше 19 млн грн щорічно проти запланованих на кожний рік 336 млн грн, тобто в 17,7 разу менше [10, с. 322]. Як наслідок, заплановані програмою роботи не були виконані у повному обсязі, а перші завершені результати досліджень з'явилися тільки з 2012 р. При цьому в рамках виконання програми також був створений науково-освітній центр «Наноелектроніка і нанотехнології» [277].

У табл. 3.4 Додатка 3 наведено найбільш значущі результати виконання Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» за 2012–2014 рр. [256–260].

З метою подальшого виконання актуальних фундаментальних і прикладних робіт з розвитку наукових досліджень у сфері нанотехнологій НАН України розробила Концепцію цільової комплексної програми фундаментальних досліджень «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» на 2010–2014 рр., затверджену Постановою Президії НАН України від 05.05.2010 №129 [200; 278]. Вказана програма складається з 4 розділів: «Фізика та діагностика нанорозмірних систем», «Хімія наноматеріалів та наноструктур», «Технології наноматеріалів», «Біонаносистеми». Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2010–2014 рр. наведені в табл. 3.5 Додатка 3 [256–260].

В узагальненому вигляді основними результатами виконання усіх зазначених програм з розвитку нанодосліджень і створення підвалин для наноіндустрії в Україні стали: (1) зразки матеріалів з квантовими точками германію на кремнії для виготовлення неохолоджуваних приладів нічного бачення та поверхневі органічні наноструктури, які закладають основи сучасної вітчизняної органонаноелектроніки; (2) генератор терагерцових когерентних акустичних фононів на основі напівпровідникових надграток, можливості якого можна використовувати в дефектоскопії, у пристроях сканування закритих об'ємів, в модуляторах світла на терагерцевих частотах та інших акустико-оптичних приладах; (3) багатошарові металеві наноплівки з унікальними магнітними властивостями для приладів і пристроїв спінтроніки, сенсорики та записуючих систем; (4) нанокompозити для світловипромінюючих діодів та високочутливі до терагерцового випромінювання кремнієві польові транзистори з двовимірним електронним газом і товщиною оксидного шару в кілька десятків нм; (5) теорія динамічної дифракції рентгенівського випромінювання, яка дозволяє з підвищеною точністю діагностувати наноматеріали; (6) нові методи оптичних, магнітооптичних, тунельних, силових, резонансних, магнітометричних та інших характеристик вимірювання наносистем різної природи; (7) оригінальні наноструктурні композити для нових технологій зварювання перспективних конструкційних металевих матеріалів, непіддатливих зварюванню у звичайних умовах, та зразки жароміцного нанодисперсного алюмокомпозиту – перспективного матеріалу для авіаційної і космічної техніки; (8) технології отримання покриттів у наноструктурному стані, що значно підвищують стійкість і міцність лопаток газових турбін та конструкційних матеріалів і серію магнітом'яких нанокристалічних сплавів і на їх основі зразки сердечників для високоекономічних трансформаторів різного призначення (телекомунікаційні системи, електротехніка, силові пристрої в електровозах тощо); (9) технологія отримання та спікання нанопо-

рошків титанату барію для конденсаторів високої ємності на основі керамік; (10) наноматеріали з високою стійкістю до абразивного зносу для інструментів прецизійної обробки матеріалів; (11) нові методи отримання наноматеріалів з високими міцнісними і корозійностійкими властивостями шляхом інтенсивної пластичної деформації для потреб машинобудування, електроніки та медицини; (12) пілотна лінія виробництва нанопорошків металоксидів для виготовлення керамічних зносостійких деталей машин і приладів; (13) методи механо- і гідрідоксидованого синтезу композиційних наноструктурних порошків сплавів на основі міді, заліза та титану з подальшим отриманням з них об'ємних зразків псевдосплавів з підвищеною густиною, фізико-механічними та магнітними властивостями для створення матеріалів функціонального призначення; (14) наноструктуровані біосумісні з кістковою тканиною людини керамічні композити на основі гідроксопатиту кальцію та біоактивних фаз; дослідні зразки магнітокерованих наноносіїв лікарських препаратів для цільової терапії в онкології; (15) композити з металевими наночастинками та лікарськими препаратами для використання в кардіології, онкології, гінекології, опіковій та інфекційній медицині; (16) наноструктуровані каталізатори для спалювання метану у процесах газової очистки, а також знешкодження промислових та автотранспортних викидів; (17) анізотропні матеріали на основі наночастинок гексафериту барію, що має високі магнітні характеристики для перспективних технологій створення систем магнітного запису з високою щільністю інформації; (18) хімічні джерела струму з високими експлуатаційними характеристиками на основі наноструктурованих оксидів Mn, Cr, Co, W; (19) електрохромні світлофільтри і електрохромні індикатори на основі наноструктурованих плівок оксидів вольфраму для їх використання як елементів вікон з регульованим світлопропусканням, у великоформатних інформтабло, автоматичних пристроях управління інтенсивністю світла на вході фотоапаратів і телекамер; (20) механохімічний метод дешевого отримання графена з графіту у середовищі інертних субстратів.

У 2014 р. у продовження міждисциплінарних досліджень Постановою Президії НАНУ було затверджено Концепцію цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2015–2019 рр. [201]. Вказана концепція констатує, що: «... на даний час в Україні наростає розрив між системою досліджень і розробок та ринком нанотехнологічної продукції. Це обумовлено низкою причин, що носять комплексний характер і ускладнюють залучення інвестицій, а саме: (1) нерозвиненість інноваційної інфраструктури, відсутність необхідного досвіду комерціалізації технологій у основних

учасників розробок у галузі нанотехнологій; (2) застарілість експериментальної бази наукових установ, необхідність розробки і придбання унікального і коштовного виробничого устаткування; (3) відсутність ефективної системи фінансування складних наукоємних проектів на основі державно-приватного партнерства. Додатковими специфічними причинами є: (1) відносно висока вартість розробок і впроваджень; (2) тривалість періоду виведення продукції на ринок, значні ризики для економічних суб'єктів; (3) міждисциплінарність досліджень і широкий спектр прикладного застосування створюваних нанотехнологій» [201]. Як наслідок, Президія НАН України пропонує створити «... нанотехнологічну інфраструктуру у вигляді сукупності різноманітних організацій, що виконують відповідні фундаментальні і прикладні дослідження, здійснюють розробки і комерціалізацію та діяльність яких координується і частково фінансується державою».

Головною метою Програми є розвиток фундаментальних і найбільш пріоритетних прикладних досліджень у галузі створення нових наноматеріалів і нанотехнологій, формування сучасної академічної нанотехнологічної мережі, її інтегрування у світову науку, розв'язання за її допомогою важливих економічних, соціальних і екологічних проблем, що існують в Україні. Програма передбачає одержання таких результатів: (1) отримання легких, міцних і корозійностійких конструкційних матеріалів із заданими властивостями для машинобудування, аерокосмічної техніки, систем захисту від електромагнітних полів; (2) розробка нанотехнологій з'єднання конструкційних матеріалів, створення високоміцних термостійких, антикорозійних захисних покриттів різноманітних конструкцій; (3) створення мініатюрних і швидкодіючих електронних приладів нового покоління, сенсорів і систем для інформаційних технологій та медицини; (4) створення високоефективних пристроїв і систем для малої енергетики – сонячних і паливних елементів, хімічних джерел енергоживлення, матеріалів для акумулювання електричної енергії та водню; (5) отримання наноструктурних каталізаторів для використання в енергоощадних і екологічно чистих виробництвах і транспортних засобах, розробка простих і дешевих методів очищення забруднених вод, виробництво високоефективних сорбентів; (6) виробництво нових фармацевтичних препаратів і матеріалів медичного призначення на основі нанотехнологій для лікування найбільш поширених і небезпечних хвороб (прицільне постачання ліків до хворих органів, діагностика процесів у живих клітинах, біосумісні імплантати); (7) створення нових препаратів сільськогосподарського призначення; (8) виконання потенціальних замовлень з оборонної тематики [201].

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2015 р. наведені в табл. 3.6 Додатка 3 [261].

З метою створення принципово нових хімічних речовин і матеріалів, що базуються на нових екологічно сприятливих енерго- та ресурсозберігаючих технологіях для різних галузей промисловості та соціальної сфери, Розпорядженням Президії НАН України від 04.07.2011 № 443 «Про цільову комплексну програму фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва» на 2012–2016 рр. було затверджено концепцію вказаної Програми [279]. Метою цієї Програми є розробка фундаментальних основ створення принципово нових хімічних речовин і матеріалів, що базуються на нових екологічно сприятливих енерго- та ресурсозберігаючих технологіях для різних галузей промисловості та соціальної сфери, зокрема: електроніки, приладобудування, машинобудування, енергетики, транспорту, легкої та харчової промисловості, поліграфії, побутової хімії, агропромислового комплексу, медицини, біотехнології тощо. Програмою передбачено такі напрями досліджень: (1) нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі для техніки нового покоління; (2) нові неорганічні матеріали для сучасної техніки; (3) нові полімерні матеріали різного функціонального призначення; (4) нові речовини і матеріали для потреб медицини та агропромислового комплексу; (5) створення нових енерго-, ресурсозберігаючих та екологічно сприятливих способів одержання малотоннажних речовин та матеріалів хімічного виробництва.

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2012–2015 рр. наведені в табл. 3.7 Додатка 3 [258–261].

У результаті виконання програми будуть опрацьовані наукові основи створення низки малотоннажних хімічних виробництв, які є найбільш важливими для економічної та соціальної сфер України. Як наслідок, будуть забезпечені передумови для вирішення низки принципово важливих проблем, а саме: (1) структурна перебудова хімічної сфери економіки України на випуск конкурентоспроможної наукоємної продукції з невеликими інвестиційними та капітальними витратами із залученням підприємств малого та середнього бізнесу, чисельних дослідно-експериментальних виробництв, в тому числі й НАН України, галузевих інститутів, промислових підприємств, значного розширення таких виробництв; (2) зменшення залежності вітчизняних хімічних виробництв від зарубіжних поставок природного газу як основної сировини, імпорту дорогої наукоємної хімічної продукції та напівпродуктів, значне

покращення імпортно-експортного сальдо України; (3) не менш важливим є і те, що багато з малотоннажних хімічних виробництв як сировину можуть використовувати різні продукти перегонки, що утворюються при коксуванні вітчизняного кам'яного вугілля, а також відновлюваної рослинної сировини; (4) створення практично «чистих» в екологічному відношенні виробництв, які повністю перероблятимуть на своїх технологічних циклах вторинні відходи основного виробництва; (5) виробництво широкої номенклатури експортоспроможних і високоефективних хімічних продуктів і виробів, які мають постійний та зростаючий комерційний попит і світовому ринку.

4.3. Конвергентні технології в ІКТ і електроніці України

У розділі 2 роботи, а також у низці авторських наукових робіт достатньо докладно аналізувалися тенденції створення до 2030 р. інформаційного суспільства у сучасних країнах-лідерах [11; 280–300].

У загальному вигляді до основних напрямів виробництва інформаційних товарів відносять: (1) виробництво комп'ютерів і засобів обробки інформації; (2) програмні продукти (software); (3) комп'ютерні ігри; (4) інтернет-послуги; (5) наукоємну продукцію; (6) патентно-ліцензійну продукцію; (7) «виробництво умів»; (8) управлінські технології; (9) технології, в яких інформація є «робочим тілом»; (10) виробництво і використання штучного інтелекту; (11) посередницька діяльність в економіці; (12) комунікаційні послуги; (13) аерокосмічні інформаційні послуги; (14) інформаційні послуги засобів масової інформації тощо [11].

Протягом другої половини ХХ століття обчислювальна техніка йшла шляхом постійного нарощування інформаційної потужності. Інформаційні характеристики сучасних засобів обробки інформації, заснованих на різних принципах, наведені у табл. 4.8 [301, с. 249].

Вирішення задач високої обчислювальної складності, до яких зводяться проблеми створення штучного інтелекту, призводить до багатократного зростання обчислювальних ресурсів, необхідних для їх вирішення, і примушує розробників все більше нарощувати обсяги пам'яті та швидкість виконання елементарних операцій. Вирішення цих задач сучасними цифровими ЕОМ виявилось малоефективним, а часто і зовсім неможливим, отже з'явилася потреба пошуку альтернативи у гонці «обчислювальна складність задачі – продуктивність ЕОМ».

Таблиця 4.8

Інформаційні характеристики сучасних засобів обробки інформації,
заснованих на різних принципах

Основні парадигми обробки інформації		
Парадигма фон Неймана	Реакційно-дифузійна парадигма	Біологічна обробка інформації
Програмування ззовні	Самоорганізація	Самоорганізація
Структурно програмується	Структурно не програмується	Структурно не програмується
Послідовне використання ресурсів	Високий паралелізм	Гігантський паралелізм
Дискретна динаміка	Безперервна та дискретна динаміка	Дискретна і безперервна динаміка
Висока зв'язаність	Висока інтерактивність	Висока інтерактивність
Горизонтальні потоки інформації	Вертикальні потоки інформації	Вертикальні потоки інформації

Джерело: сформовано автором на основі [301, с. 249]

Завдяки *конвергенції інформаційних і біотехнологій* ще у 40-х роках минулого століття був розроблений нейромережевий підхід до обробки інформації, в основі якого лежать біологічні принципи обробки інформації і, перш за все, загальні принципи функціонування кори головного мозку. Величезний період біологічної еволюції виробив у мозку людини якості, недоступні сучасним цифровим комп'ютерам з архітектурою фон Неймана, до яких відносяться: (1) розподілене представлення інформації і паралелізм обчислень; (2) здатність до навчання і узагальнень; (3) адаптивність; (4) толерантність до помилок і похибок у структурі. Прилади, побудовані на біологічних принципах обробки інформації, повинні мати ці можливості, оскільки це важливо для індустрії обробки інформації.

Одним з найбільш важливих різновидів природних об'єктів, що мають високу складність поведінки і проявляють цілеспрямовані дії, є *розподілені (безперервні і дискретні) системи* як перспективна основа створення ефективних біологічно-вмотивованих засобів обробки інформації. У цьому випадку обробка інформації відбувається у кожній фізичній точці середовища, що призводить до високого ступеня паралелізму, не порівняному з можливостями побудови паралельних обчислень на базі цифрових дискретних процесорів [11]. Наприклад, у *нелінійних реакційно-дифузійних середовищах* розподілений характер середовища призводить до високого паралелізму обробки інформації, що багаторазово перевищує можливості багатопроцесорних цифрових систем. У свою чергу, реакційно-дифузійний процесор (РДП) являє собою

складну динамічну систему, в якій з хімічного середовища змінного і навіть одного й того ж складу можуть бути сформовані підсистеми, що виконують різні за своїм характером операції. Формування їх відбувається за рахунок процесів самоорганізації середовища, які ініціюються керуючими впливами. Дифузійні взаємодії можуть поєднувати окремі підсистеми, зв'язуючи їх в єдиний інформаційно-логічний пристрій [301].

Отже, сьогодні основною тенденцією розвитку ІКТ є все більш широке впровадження і зростаюча роль *біологічних принципів обробки інформації*. При цьому головна проблема, що стримує подальший прогрес ІКТ, полягає в необхідності створення інтелектуальних систем збирання і обробки інформації і систем управління, які були б масовими й ефективно вирішували б задачі штучного інтелекту.

У 2015 р. до найбільш перспективних ІКТ з погляду їх комерційного застосування до 2020 р. фахівці відносять такі: (1) хмарні технології; (2) мобільні платформи і застосування; (3) інтернет речей; (4) дані й аналітика; (5) цифрові технології лікування; (6) штучний інтелект / когнітивні обчислення; (7) нанотехнології в електроніці та інші [27; 31–41].

Наприклад, на думку фахівців компанії Cisco – світового лідера з розробки ІКТ, можна чітко вказати десять технотрендів, що до 2020 р. змінять світ, як це вказано в табл. 4.9 [302].

Таблиця 4.9

Десять технотрендів в ІКТ, які змінять світ до 2020 рр.

Технотренд	Перспективні зміни
1	2
Інтернет речей	Стрімке розповсюдження старт-фонів і планшетних комп'ютерів призвело до того, що у 2010 р. на кожну людину планети приходилося більше, ніж по одному пристрою, підключеному до Інтернету (12,5 млрд гаджетів у 7 млрд населення). До 2020 р. кількість Інтернет-пристроїв досягне 50 млрд – по шість на кожного землянина. Розвиток Всесвітньої мережі значно розширює можливості збору, аналізу і розподілу даних. Так, молода нідерландська компанія Spraker вживлює сенсори у вуха корів, щоб слідкувати за їхнім здоров'ям та переміщеннями
Зета-наводнення	У 2011 р., розмір унікальної інформації збільшився до 1,2 зеттабайта. Потяг людей до мультимедіа, особливо до відео, призведе до того, що до 2020 р. більше 90 % даних в Інтернеті буде приходитись на відео-контент. Це потребує оптимізації архітектури безпеки і підвищення якості послуг з передачі інформації
«Мудрі хмари»	До 2020 р. третина усіх даних буде зберігатись або передаватись за допомогою хмарового обчислювального середовища. Середньорічне зростання загальносвітового доходу від хмарних серверів складе 20 %, а витрати на інновації і хмарні обчис-

Продовження табл. 4.9

1	2
	лення у 2014 р. досягли вже 1 трлн дол. США. Хмарні сервіси вже спроможні перекладати з однієї мови на іншу в реальному часі, забезпечувати доступ до потужних суперкомп'ютерів і слідкувати за станом здоров'я людини
Мережі нового покоління	З 1990 р. швидкість передачі даних у домашніх мережах зросла у 170 тисяч разів. Наприклад, у будинку, де пропускна полоса мережі складає 50 Мб/с, забезпечується одночасна робота домашньої системи телеприсутності (розповсюджена технологія для дистанційного спілкування, проведення телеконференцій), потокової передачі фільмів і онлайн-ігор. До 2020 р. швидкість домашнього з'єднання збільшиться у 3 млн разів. Мережі майбутнього стануть у десятки разів швидше за сьогоdnішні і будуть добре масштабуватись, щоб задовольнити зростаючий попит користувачів
Земля «пласка»... як технології, що будуть використовуватися	Швидкість і рівень проникнення комунікацій збільшується. Наприклад, у «Твіттері» повідомлення про землетрус від жителів Японії з'явилося ще до того, як сейсмічна служба США попередила про можливе цунамі населення штатів Аляска, Вашингтон, Орегон і Каліфорнія. Збір, розповсюдження і споживання інформації про події тижня починається не у «практично реальному», а у дійсно реальному часі. Такі зміни стануть можливими завдяки трьом технічним досягненням: мобільному Інтернету, веб-телебаченню і генеруванню контенту будь-де і у будь-який час
Енергія – це життя	Зростання чисельності населення планети і урбанізації на протязі наступних 20 років призведе до появи щомісячно міста-мільйонника. Енергетичну кризу можуть вирішити сонячні станції. Тільки сонячна енергія дає змогу задовольнити сьогднішній попит на енергію у світі – достатньо побудувати 25 сонячних суперелектростанцій площею біля 100 км ² кожна. При цьому «друкування» сонячних елементів за допомогою струмінних принтерів значно подешевшало
Усе на користь людині	До сього часу людство пристосовувалося до технологій. В майбутньому технології стануть пристосовуватись до людей. Вже сьогдні машинний зір дозволяє зняти камерую смартфона головоломку і миттєво вирішити її. Доповнена реальність і управління комп'ютерами за допомогою жестів дадуть змогу перетворювати сфери освіти, охорони здоров'я, комунікацій, а також поєднати віртуальний і реальний світи. Вже створено інтерфейс «людський мозок – машина», що, наприклад, дозволить людям з травмами хребта жити повноцінним життям
Нова реальність	Перехід від фізичної реальності до віртуальної продовжується. Колись люди купували книжки, CD і DVD-диски, а сьогдні є можливість завантажувати цю інформацію на персональні гаджети. Подібне буде відбуватись і з іншими предметами завдяки застосуванню 3D-друку і «адаптивного виробництва» (процесу об'єднання матеріалів для створення предметів шар за шаром на основі 3D-моделювання). Зараз так вже «друкують» машини, будівлі і людські органи
Альтернативна гілка еволюції	Анімовані персонажі вже перетворюють текст у мову, розпізнають її і засвоюють знання, одержані під час спілкування. Робототехніка розвивається швидкими темпами. До 2020 р. роботи стануть досконалішими за людей за фізичними можливостями. До 2025 р. популяція роботів перевищить за чисельністю населення

Закінчення табл. 4.9

1	2
	розвинених країн, до 2032 р. інтелект таких машин перевищить людський, а до 2035 р. вони повністю замінять людей в якості робочої сили
Така ж людина, але краще	Людство пододало поріг пізнання і стає власителем власної еволюції. Так, наприклад, у жовтні 2009 р. італійські і шведські вчені розробили штучну руку з передачею тактильних відчуттів; у березні 2010 р. імплантати сітківки ока дозволили відновити зір сліпим пацієнтам; у червні 2011 р. Інститут серця в Техасі (США) розробив «серце, що обертається» без пульсу, тромбів і полумок

Джерело: сформовано автором на основі [302]

Для розвитку вказаних технологій у країнах світу широко застосовуються Grid-мережі, основними ресурсними елементами яких є суперкомп'ютери та їх центри, а найважливішою інфраструктурною складовою – високошвидкісні мережі передачі даних. Суперкомп'ютери, що не поєднані в територіально-розподільчу систему, мають три істотні недоліки: це дуже коштовна техніка, яка швидко морально старіє (за 2–3 роки); обчислювальні потужності не піддаються суттєвій модернізації, яка дозволяє їх використовувати для вирішення задач нового рівня складності; низький ККД використання суперкомп'ютерів внаслідок нерівномірності завантаження процесорів. Від цих недоліків можна звільнитися шляхом об'єднання суперкомп'ютерів у Grid-мережу, але спочатку треба досягнути домовленостей у сфері стандартизації служб, інтерфейсів, баз даних тощо.

Сьогодні існує декілька причин, які примушують вчених використовувати Grid-технології: (1) необхідність обробити величезну кількість даних, що зберігаються у різних організаціях (в різних країнах світу – наприклад, обробка знімків Землі із супутника); (2) необхідність виконати велику кількість обчислювань (наприклад, при моделюванні впливу тисяч молекул (потенційних лікарських препаратів) на білки при пошуку ліків для визначених хвороб); (3) бажання членів наукової команди, що працюють у різних куточках світу, спільно використовувати великі масиви даних, швидко й інтерактивно здійснювати їх комплексний аналіз, візуалізувати й обговорювати результати досліджень в онлайн-режимі [11]. Найбільш відомі сьогодні Grid-проекти – це Grid-програма SGCI (Strategic Grid Computing Initiative) у США, наукова Grid-мережа EGEE (Enabling Grids for E-science) ЄС, магістральна європейська мережа для освіти і науки GEANT, спільний проект Європейського Союзу і Китаю (EUChinaGRID).

В Україні також постановою Бюро Президії НАН від 31.01.08 №23 [248] було затверджено перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок, в тому числі за напрямом «Інформаційні технології та ресурси», а саме: пріоритетними було визнано розробки у таких сферах, як: (1) впровадження Grid-технологій на базі інформаційно-обчислювальної мережі для потреб медицини, фармакології, генетичної інженерії, досліджень у галузі фізики високих енергій та астрофізики; (2) теорія, моделі, методи і технічні засоби оптимізації та системного аналізу для вирішення задач трансобчислювальної складності (екологія, функціонування ринкової економіки, демографічні процеси); (3) розробка конкурентоспроможного програмного забезпечення для комп'ютерних технологій і систем; захист інформації у комп'ютерних системах; (4) управління складними системами; методи та засоби підтримки інформаційно-аналітичної діяльності та прийняття рішень державними органами управління; (5) розвиток національних інформаційних ресурсів та освоєння світових джерел наукової інформації.

Як наслідок, сьогодні установами НАН України виконується низка державних цільових науково-технічних програм, які, на думку авторів, показують рівень наукових досліджень з проблем розвитку ІКТ в Україні. Так, у 2010 р. завершилося виконання ДЦНТП «Образний комп'ютер», у результаті виконання якої були розроблені базові модулі інтелектуальних технологій для комп'ютерних систем нового покоління та створення високотехнологічних наукомістких приладів, в тому числі виробів цифрової медицини відповідно до обсягів фінансування програми з Державного бюджету [256, с. 20]. Зокрема, основними результатами виконання вказаної програми стали: (1) мовленнєві інтелектуальні інформаційні технології (з можливостями вбудовуватись у сучасні комп'ютерні системи), в тому числі пристрій «Тлумач», пристрій «Голосовий телефонний секретар», технологія «Голосова клавіатура»; (2) зорові інтелектуальні інформаційні технології (з можливостями вбудовуватись у сучасні комп'ютерні системи), в тому числі пристрій «Відеосек'юриті приміщення»; пристрій «Стереовізор»; (3) інтелектуальні інформаційні технології обробки сигналів складної природи (інформаційна технологія «Спектр»; пристрій «Фазаграф»; пристрій «Ікар-2006», пристрій «Тренар-01»); (4) інтелектуальні інформаційні технології, які ґрунтуються на використанні знань, у тому числі система «Рефератор», система «VitaminE»; система семантичної фільтрації текстів, система фільтрації Internet-повідомлень; пристрій «Діабет плюс», інтелектуальна комп'ютерна технологія керування цілеспрямованими діями мобільного робота, пристрій «DALТ» тощо. У період 2011–2013 рр. освоєння серійного виробництва цих приладів здійснювалося:

«Фазаграф» – на Київському заводі ім. Петровського; «Тренар» – на ДНВП «Електроважмаш»; «Тлумач», «Голосовий телефонний секретар», «Портативний диктофон з голосовим управлінням», «Мобільний телефон з голосовим управлінням» – на ЗТТ «Електронмаш» (м. Львів).

До 2009 р в Україні у будівництво Grid-інфраструктури були залучені установи різних напрямів, зокрема: Інститут молекулярної біології і генетики, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії (зараз цей кластер переміщено до Державної установи «Інститут харчової біотехнології та геноміки»), Інститут сцинтиляційних матеріалів, Головна астрономічна обсерваторія (усі – НАН України), Інститут космічних досліджень НАН України та НКА України тощо. Саме такий мультидисциплінарний підхід було сформульовано в академічній Програмі впровадження Grid-технологій і будівництва кластерів у НАН України, що успішно виконувалася до 2009 р.

Як наслідок, наявність академічної Grid-інфраструктури в Україні (в тому числі UGRID, URAN) дозволила затвердити Державну цільову програму впровадження і застосування Grid-технологій в Україні на 2009–2013 рр. [302]. У рамках цієї програми на основі Академічної мережі обміну даними (АМОД) стала активно розбудовуватися Українська національна Grid-інфраструктура, тобто Український академічний Grid перетворився на Український національний Grid (УНГ). У результаті виконання програми були об'єднані більше 30 Grid-кластерів не тільки академічних інститутів, а й університетів та інститутів Міністерства освіти і науки, збільшено швидкість передачі даних між найпотужнішими кластерами УНГ до 10 Гбіт/с, що суттєво підвищило ефективність Grid-обчислень. Виконання програми почалося з 2010 р.

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2010–2013 рр. наведені в табл. К.1 Додатка К [256–259]. Головним досягненням програми стало створення української національної Grid-інфраструктури виробничого типу та її інтегрування до найбільшої е-інфраструктури у світі – Європейської Grid-інфраструктури, яка об'єднує понад 22 тисячі дослідників з усього світу. Це дало можливість забезпечити необхідні сервіси українським ученим для проведення цифрових досліджень світового рівня, як самостійно, так і в колаборації із ученими інших країн, незалежно від місця їх перебування.

Українській національній Grid є сьогодні дослідницькою е-інфраструктурою національного рівня, яка об'єднує 39 ресурсних центрів наукових організацій України (з них 29 належить НАН України). Основою УНГ є 12 ресурсних центрів, що координуються національним операційним центром (NGI_UA) і являють собою інтегровану в європейський простір Grid-

інфраструктуру. В основному завершено створення комунікаційно-ресурсної мережі оптоволоконних каналів зв'язку між академічними установами та Grid-кластерами. Більшість кластерів з'єднана оптоволоконними каналами обміну даними з пропускною здатністю від 300 до 1000 Мбіт/с, 7 найпотужніших кластерів мають канали зі швидкістю 10 Гбіт/с. Використання побудованої Grid-інфраструктури і можливостей розподілених обчислень в інститутах НАН України дозволило отримати важливі наукові результати у фізиці високих енергій і астрофізиці, науках про життя включно з практичною медициною, науках про Землю, нанофізиці і наноелектроніці, в матеріалознавстві.

У продовження вказаних досліджень у 2014 р. було розпочато виконання Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Grid-інфраструктура і Grid-технології для наукових і науково-прикладних застосувань» на 2014–2018 рр. [303]. Основними пріоритетами цієї ЦКПНД були визначені такі: (1) формування сучасної електронної інфраструктури, що передбачає створення та застосування Grid-кластерів, програмно-технічних засобів, телекомунікаційних мереж і систем Grid-, хмарних та інших перспективних технологій; (2) підвищення потужності та якості Grid-інфраструктури за допомогою підсилення наявних обчислювальних Grid-кластерів, створення національного каталогу сервісів; (3) створення гнучкого віртуального дослідницького середовища зі спрощеним доступом до ресурсів українського та світового інформаційно-обчислювального простору; (4) створення умов і механізмів взаємодії між дослідниками та IT-колабораціями і проектами різних країн, формування та підтримка віртуального національного центру компетенції, його взаємодія з центром компетенції EGI; (5) розширення сфери застосування Grid-, хмарних та інших сучасних обчислювальних технологій у наукових дослідженнях. Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2014–2015 рр. наведені в табл. К.2 Додатка К [260; 261].

Вдосконалення існуючих і розробка нових принципів схем суперкомп'ютерів (наприклад, з кластерною структурою) – це один з найперспективніших напрямів розвитку ІКТ у будь-якій країні, що вважає себе технологічно розвиненою [11, с. 110–112]. У зв'язку зі зростанням міждисциплінарності досліджень, а з реалізацією концепції конвергенції NBIC-технологій – ще й наближенням до злиття цих областей в єдину науково-технологічну область знань, бурхливо розвиваються наукові галузі, що потребують суперкомп'ютерних ресурсів для вирішення різних завдань моделювання, прогнозування, оптимізації тощо. Незважаючи на відставання в розробці надпотужних суперкомп'ютерів, Україна є однією з провідних країн світу в розробці сучасного математичного

забезпечення обчислювальних машин і систем, оскільки основу цих розробок становлять сучасні математичні методи оптимізації і системного аналізу, методи математичного моделювання та дослідження складних процесів і об'єктів, теорія програмування та методи захисту інформації при формуванні баз знань і баз даних (БЗ, БД) і передачі цих даних каналами зв'язку в різноманітні комп'ютери та системи.

З 2005 р. кластерний комплекс СКІТ, який є найбільшим обчислювальним ресурсом НАН України та основою ресурсного центру Українського національного Grid, забезпечує на безоплатній основі високопродуктивні обчислення організацій та установ НАН України, закладів МОН і Національного космічного агентства. Три покоління суперкомп'ютерів СКІТ (СКІТ-1, СКІТ-2 і СКІТ-3) було створено й успішно застосовано в дослідженнях за Програмою «Інтелект» протягом 2007–2009 рр., а за 2010–2011 рр. впроваджено гібридний сегмент СКІТ-GPU для експериментальних досліджень нових підходів до розпаралелювання задач. На його основі в 2012 р. було розроблено та реалізовано у суперкомп'ютері СКІТ-4 новий комплексний архітектурний проект розбудови кластерних обчислювальних систем, що дозволило досягти вдвічі більшої за суперкомп'ютер попереднього покоління СКІТ-3 продуктивності – майже 12 Тфлопс. Крім того, це дозволило суттєво підвищити його енергоефективність, електроспоживання якого (15 вВт-годин) вчетверо менше за СКІТ-3. Таким чином СКІТ-4 за енергоефективністю відповідає 99 позиції у світовому рейтингу найбільш екологічних суперкомп'ютерів (Green 500), при цьому передбачається подальше нарощування його потужностей.

Сьогодні суперкомп'ютер СКІТ-4 є найпотужнішим обчислювальним засобом України. Він підключений як складова частина до комплексу СКІТ, що є основою Ресурсного центру Українського національного Grid, та пройшов сертифікацію Європейської Grid-ініціативи (EGI). Отже, подальший прогрес застосування обчислень у фундаментальній і прикладній науковій діяльності НАН України потребує розвитку суперкомп'ютерних потужностей.

Як наслідок, розпорядженням Президії НАН України від 26.12.2012 № 785 було затверджено концепцію програми наукових досліджень НАН України «Розробка інтелектуальних суперкомп'ютерних систем сімейства СКІТ, забезпечення їх ефективного функціонування та створення інформаційних технологій, сучасного математичного, програмно-технічного забезпечення для розв'язання складних та надскладних науково-практичних задач (Інтелект)» на 2013–2015 рр. [304]. Досвід використання комплексу СКІТ свідчить, що найбільшу частку ресурсів (понад 90 %) споживають для розв'язання задач мо-

лекулярної динаміки, квантової хімії, гідро- й аеродинаміки та для розроблення спеціального програмного забезпечення. З погляду перспективи розвитку комплексу СКІТ мав на початок 2015 р. найменшу вартість терафлосу, найкраще співвідношення продуктивності до витрат електроенергії на живлення та охолодження забезпечують гібридні вузли на основі графічних прискорювачів загального призначення.

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2013–2015 рр. наведені в табл. К.3 Додатка К [259–261].

Розвиток мікроелектронної техніки у провідних країнах – технологічних лідерах завдяки широкому використанню нанотехнологій привів до появи технологічних проривів, пов'язаних зі значним прогресом у мініатюризації, підвищенням швидкості і продуктивності приладів і пристроїв з обробки інформації – вхідних датчиків, логічних і запам'ятовуючих пристроїв, дисплеїв і пристроїв для передачі інформації. Так, очікується, що темпи удосконалення технології інтегральних схем, що переважали останні 30 років, збережуться ще на найближчі 5–7 років. Це означає, що продуктивність інтегральних схем пам'яті буде збільшуватися кожні наступні 3 роки у 4 рази, а нова напівпровідникова технологія дозволить подвоювати частоту мікропроцесорів кожні 2 роки щонайменше до 2020 р. (технологічний прогрес у цій галузі сильно залежить від конкуренції між корпораціями Intel і AMD). У найближчому майбутньому на ринку з'являться нові засоби зберігання інформації, а до 2020 р. знайдуть розповсюдження біочипи. Інші прориви, що прогнозуються, будуть пов'язані з такими трендами: (1) зниженням енергоспоживання і вартості мікропроцесорних пристроїв, що надасть можливість підвищити продуктивність комп'ютерів у мільйони разів (наприклад, використання полімерів (органічних сполук), що проводять електричний струм (зокрема полімерних транзисторів) і володіють надзвичайно високою гнучкістю і дешевизною виготовлення); (2) створенням нейрокомп'ютерів, що набагато перевищують за своїми характеристиками кращі зразки обчислювальної техніки; (3) появою потужних випромінювачів зі спектром частот, що перебудовується, та ширококутових фотодетекторів з високим ККД в оптоелектроніці; (4) розробкою більш високочастотних засобів зв'язку, що дозволяє збільшити смугу робочого діапазону приблизно на порядок; (5) масовим виробництвом невеликих, але в тисячі разів більш ємних пристроїв для зберігання інформації; (6) появою інтегрованих наносенсорних систем для збирання, обробки та передачі великих масивів даних при малих розмірах, вазі та споживанні електроенергії; (7) створенням зразків безпілотних засобів транспорту та військової техніки, що керується за допомогою високопродуктивних комп'ютерів [305].

Україна входить до переліку 17 країн світу, які володіють мікроелектронними технологіями. Мікроелектроніка має стратегічне значення для економіки України, оскільки визначає технічний рівень промислової і побутової продукції, її конкурентоспроможність, стимулює розвиток інших галузей. Обороноздатність країни також потребує високого рівня забезпечення військової техніки вітчизняною електронною елементною базою, оскільки використання зарубіжної електроніки неприпустиме. Розвиток мікроелектронної техніки в Україні показав, що сьогодні найкращі стартові позиції для конкуренції на світових ринках Україна має у світлотехніці на базі надяскравих світлодіодів, мікрохвильової електроніки, опти- та інфрачервоної електроніки. А у галузі мікрофотоелектроніки Україна має наскрізну кооперацію, яка дозволяє виготовляти вироби в цілому і надасть можливість створити в Україні нові сучасні високорентабельні виробництва без мільярдних капіталовкладень. Фахівці вважають, що кожний вкладений у мікроелектроніку долар приносить 20 доларів прибутку, дозволяє створити у три рази більше робочих місць, ніж у інших галузях промисловості [306].

Починаючи з 2001 р. було прийнято біля десятка галузевих і міжгалузевих програм підтримки електронної галузі України, в тому числі: «Розробка і виробництво приладів і установок автоматизації і систем управління», «Складна радіоелектронна та вимірювальна апаратура», «Програма розвитку найбільш конкурентоспроможних напрямків мікроелектроніки в Україні». Була прийнята «Національна програма розвитку електронної промисловості України на 1999–2005 рр.», але жодної копійки на фінансування заходів цієї програми так і не було виділено.

У період 2007–2012 рр. в Україні діяла низка державних програм підтримки розвитку електроніки як матеріальної бази ІКТ в Україні. Так, наприкінці 2007 р. Кабінетом Міністрів України було затверджено Державну цільову науково-технічну програму «Розроблення і освоєння мікроелектронних технологій, організація серійного випуску приладів і систем на їх основі» на 2008–2011 рр. [307].

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2010–2011 рр. наведені в табл. К.4 Додатка К [254–258]. При цьому завершальний етап робіт було подовжено на 2012 р. У результаті виконання вказаної програми були одержані такі результати: (1) створення детекторів радіації та сенсорів з метою контролю багажу, легкових і вантажних автомобілів, для рентгенівської техніки в медицині, моніторингу радіаційної безпеки територій атомних електричних станцій, організації виробництва порталів і рентгенівських

сканерів; (2) розроблення технології виготовлення нанокераміки на основі важких оксидів рідкісноземельних металів для реєстрації іонізуючого випромінювання; (3) організація виробництва високоякісних підкладок із сапфіру для структур кремній на сапфірі, світлодіодів та інших комплектувальних приладів мікроелектроніки; (4) розроблення та освоєння випуску багатоеlementних інфрачервоного діапазону фотоприймальних пристроїв та випромінювачів інфрачервоного діапазону спектра з роздільною здатністю, близькою до дифракційної межі і необхідною для одержання гранично можливого обсягу інформації; (5) освоєння випуску неохолоджуваних багатоеlementних чутливих приймачів терагерцового діапазону на основі напівпровідників типу А2В6 та А4В6 для систем активного бачення та ідентифікації вибухонебезпечних речовин, наркотиків тощо; (6) організація виробництва надвисокочастотної елементної бази міліметрового діапазону та інтегральних схем, мікроприладів для забезпечення нового покоління малогабаритних надвисокочастотних систем, зокрема автомобільних радарних сенсорів, малогабаритних передавально-приймальних модулів для малогабаритних корабельних і гелікоптерних радарів, та надшвидких радіорелейних систем зв'язку.

Крім того, Україна володіє необхідним науковим і виробничим потенціалом, здатним забезпечити розвиток вітчизняних сенсорних технологій, науково-технічних та конструкторсько-технологічних розробок, спрямованих на створення сенсорних наукоємних продуктів нового покоління. Незважаючи на певні успіхи в цьому напрямі, спостерігається значне відставання українського виробництва від світового рівня розвитку інтелектуальних технічних засобів на основі сенсорних технологій, що зумовлено, зокрема, відомчою відокремленістю наукових академічних і галузевих установ, вищих навчальних закладів та промислових підприємств, низьким рівнем запровадження інноваційних розробок і недостатнім фінансуванням науки.

Постановою Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 № 1395 було затверджено Державну цільову науково-технічну програму розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів на 2008–2012 рр. (з урахуванням продовження до 2017 р.), метою якої було створення принципово нових конкурентоспроможних сенсорних наукоємних продуктів (матеріалів, сенсорів, аналітичних приладів й інтелектуальних систем) та їх впровадження в усі сфери промисловості та споживання [308]. При цьому необхідний рівень комплексності та міждисциплінарності під час створення сенсорних наукоємних продуктів базується на використанні результатів досліджень з матеріалознавства, фізики, хімії, медицини і біології.

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2008–2015 рр. наведені в табл. К.5 Додатка К [254–261]. В узагальненому вигляді основні результати виконання програми такі: (1) налагоджено сучасне виробництво конкурентоспроможного високопрозорого оптичного германію (пластин великого розміру) для створення новітніх тепловізійних приладів; (2) впроваджено у виробництво нанокристалічні матеріали з низьким коефіцієнтом термічного розширення для виробництва радіопрозорих деталей спеціальної техніки і оптичних елементів (дзеркал і дзеркальних призм) для авіаційно-космічного приладобудування; (3) впроваджено у виробництво матричні термочутливі елементи для неохолоджуваних тепловізорів, як спеціального призначення, так і для широкого вжитку; (4) впроваджено у виробництво малогабаритні прецизійні інтегральні перетворювачі абсолютного диференційного та відносного тисків рідин і газів для систем управління та контролю технологічними процесами; (5) впроваджено у виробництво новітні високоефективні інфрачервоні обігрівачі на основі стабільних нагрівальних елементів з регулюванням, що дозволить замінити газові обігрівачі; (6) створено інформаційний комплекс для проведення аналітичних досліджень під час розв'язання проблем ідентифікації складних багатокомпонентних сумішей у газовій фазі; (7) впроваджено у виробництво автономний високочутливий біосенсор для проведення експресної діагностики захворювань великої рогатої худоби на лейкоз і туберкульоз, найнебезпечніших вірусних і генних хвороб безпосередньо у сільських господарствах; (8) впроваджено у виробництво високочутливий імуносенсорний портативний аналізатор плазми крові, що дасть змогу проводити експрес-діагностику хворих на початкових стадіях захворювань; (9) впроваджено у виробництво технологію одержання пристроїв акумуляції природного газу в разі пониженого тиску з використанням нових високоефективних адсорбційних матеріалів; (10) впроваджено біосенсорну систему для досліджень у галузі онкології головного мозку людини та моніторингу стану післяопераційних хворих на гліоми та інші нейрохірургічні захворювання; (11) організовано виробництво контрольно-перевірочного устаткування для проведення приймально-здавальних випробувань сонячних фотоелектричних модулів для підприємств фотоенергетичної галузі.

4.4. Перспективні напрями розвитку енергетичного комплексу України на основі конвергентних технологій

Сталий розвиток сучасної цивілізації і якість життя населення напряму пов'язані з достатнім енергозабезпеченням, що, у свою чергу, викликає нагаль-

ну необхідність вирішення проблем вичерпування ресурсів, які використовуються існуючими технологіями. Але саме енергетичні проблеми, перш за все, викликають періодичні світові кризи і стимулюють пошуки нетрадиційних шляхів задоволення енергетичних потреб будь-яких країн світу [309].

На рис. 4.2 у загальному вигляді наведені найбільш перспективні майбутні енергетичні технології.

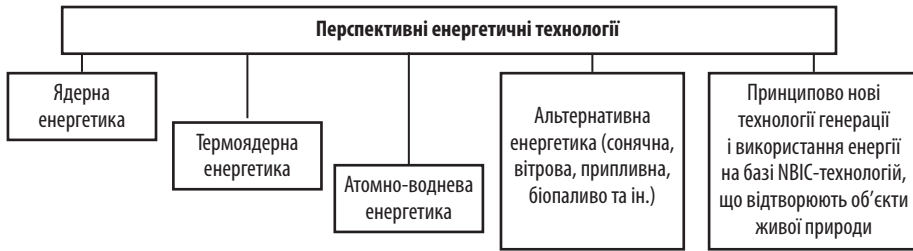


Рис. 4.2. Найбільш перспективні енергетичні технології [309]

Сьогодні, поряд із традиційною вуглеводневою енергетикою, активно розвиваються нові енерготехнології, переживає ренесанс атомна енергетика (навіть після подій на японський атомній станції Фукуяма у 2011 р.), розвинені країни реалізують глобальний проект зі створення міжнародного термоядерного реактора.

Найістотніша альтернатива вуглеводням – ядерна енергетика на основі поділу урану-235. І хоча запаси доступних покладів урану-235 у світі також обмежені (за нинішнього темпу видобутку їх вистачить на 50–70 років), але ситуація не така критична у зв'язку з можливістю відтворити реакторні ізотопи уран-233 і плутоній-239 при опроміненні нейтронами в реакторах ізотопу уран-238, запаси якого в сотні разів більші, ніж урану-235. З іншого боку, використання реакторів поділу (АЕС) неминуче викликає дві інші глобальні проблеми – утилізації високоактивного відпрацьованого палива (ТВЕЛів) та інших радіоактивних відходів, а також ядерної безпеки. Нині у світі накопичено близько 200 тис. т відпрацьованих ТВЕЛів, по 1 млн т відходів середньої активності й дуже активної води та понад 10 млн т відходів низької активності. Щороку ці цифри збільшуються на 5 % [310]. Для відпрацьованого палива поки що безальтернативним для всього світу є відкладене рішення: складування відпрацьованих ТВЕЛів на невизначено тривалий термін після первинної переробки, для чого сьогодні в Україні вже знайдено рішення щодо побудови сховища радіоактивних відходів (на території Чорнобильської АЕС) і відповідне зовнішнє фінансування.

Із початку 50-х років ХХ сторіччя небезпідставно вважалося, що майбутнє людства пов'язане з вирішенням термоядерної проблеми. Суть термоядерної енергетики – використання енергії, що виділяється при злитті (синтезі) легких ядер. Проблемою є утримання плазми і недопущення контакту зі стінками камери. До переваг ядерного синтезу слід віднести: (1) ядерний синтез може забезпечити не тільки поточні енергетичні потреби людства (16 ТВт), але й виробити значно більшу кількість енергії; (2) в якості палива необхідна зовсім невелика кількість речовин, які поширені в природі; (3) термоядерна установка навіть з неідеальною ефективністю зможе виробляти 200 МВт/ч електроенергії, що еквівалентно спалюванню 70 тонн вугілля, а більш ефективна модель установки за прогнозами буде давати 2,5 ГВт термоядерної енергії, яка після перетворення та використання певної частки для нагріву плазми і роботи надпровідних обвиток електромагнітів та інших систем буде давати 1,5 ГВт електроенергії на виході; (4) висока внутрішня безпека термоядерної енергетики; (5) відсутність високорадіоактивних відходів, що довго живуть [311]. При цьому недоліками термоядерних реакторів є технологічна складність здійснення самопідтримної термоядерної реакції, а також те, що поки не існує ефективних технічних рішень, здатних перетворювати на електрику енергію, що звільнюється під час термоядерного синтезу.

Робота у цьому напрямі ведеться вже давно (більше 50 років), існує декілька потенційно робочих концепцій, а саме: за схемою токамак (тороїдальна камера з магнітними котушками, що утримують плазму); мюонний каталіз; «холодний термояд» (наприклад, в електролітичних елементах); інерційний ядерний синтез або «лазерний термояд» [309]. Три останні схеми відрізняються більш елегантними і потенційно менш затратними рішеннями, але й досі повністю ані фізично, ані технічно не вирішені.

Прикладами термоядерних пристроїв, що вже створюються у розвинених країнах світу, можна назвати такі: (1) Міжнародний експериментальний термоядерний реактор (ITER) – гігантський токамак, який буде функціонувати на основі дейтерієво-тритієвого палива загальною вартістю 10 млрд дол. США (може збільшитись до 16 млрд дол. США), що будується у Франції; (2) National Ignition Facility (NIF або буквально – «національний комплекс запалювання») – альтернативний проект вартістю 3,5 млрд дол. США, який стартував у США у 2009 р. Комплекс включає 192 лазери високої потужності, промені яких фокусуються на мініатюрному зразку з дейтерію і тритію (поки що уряд США розглядає майбутнє NIF скоріше у контексті оборони, а не енергетики). Тобто сьогодні проблема створення термоядерної енергетики більше технічна й економічна, ніж фізична, оскільки для створення реальних

економічно вигідних електростанцій необхідно вирішення двох принципових задач: (1) продовження розробки нових матеріалів, що спроможні витримувати суворі умови експлуатації; (2) створення нових технологій, що відносяться до дистанційного управління, конструкції оболонок, паливних циклів тощо [309].

Досить швидким виходом з енергетичної безвиході може бути шлях, пов'язаний з вирішенням проблеми LENR (low energy nuclear reactions) або «холодного ядерного синтезу», здійснюваного в так званому тепловому генераторі E-Cat (або каталізатор енергії) Андреа Россі (Andrea Rossi) [312]. У ньому паливом був порошок нікелю і водень, а джерелом енергії – ядерна реакція між ними. Після першої презентації Россі переніс свої дослідження в США, де створив більш ефективний генератор HT E-Cat з підвищеною до 1000–1200 градусів за Цельсієм температурою робочої камери і, відповідно, можливістю використання перегрітої пари з температурою близько 600 градусів, що ідеально узгоджується з вимогами, необхідними для ефективної роботи турбін сучасних електрогенераторів. У такій системі повністю не було радіоактивних відходів, оскільки з усіх можливих типів (каналів) LENR автоматично реалізовувалися тільки ті, результатом яких є стабільні ізотопи, що неможливо при звичайних високоенергетичних процесах. У результаті початковий компактний варіант генератора E-Cat було передано на основі ліцензійних договорів у Китай і Південну Корею для подальшого широкомасштабного виробництва й продажу за унікально низькою ціною 500 дол. за реактор [310; 312]. При цьому 15 жовтня 2014 р. з'явилося сенсаційне повідомлення про те, що корпорація Lockheed Martin оголошує про розробку та випуск у найближчі кілька років компактного працюючого термоядерного реактора потужністю 100 МВт, який може бути розміщений, наприклад, на літаку або в кузові автомобіля [313]. Ці та багато інших фактів свідчать про дуже серйозне ставлення та крутий розворот керівників провідних країн і законодавців енергетичного ринку в бік нової альтернативи, яка може істотно змінити ситуацію на цьому ринку в найближчому майбутньому.

Наступним потенційно ефективним напрямом розвитку енергетики майбутнього є воднева (атомно-воднева) енергетика, зокрема, одержання металевого водню та інших екзотичних речовин [309]. Перспективні напрями використання металевого водню такі: (1) в енергетиці та мікроелектронній техніці; (2) безпечному зберіганні водневого палива; (3) можуть виявитись цікавими дослідження різних сплавів металевого водню з більш важкими елементами.

Серед великого різноманіття видів альтернативної енергетики насамперед виділяється сонячна енергетика. В той же час, незважаючи на те, що відновлю-

вальна сонячна енергетика технологічно розвивається вже багато десятиліть і ефективність сонячних елементів суттєво зросла, сьогодні сонячна енергетика так і не стала потужним енергетичним ресурсом, оскільки, на відміну від живої природи, де сонячна енергія накопичується за допомогою фотосинтезу у поки ще недоступній для штучного відтворення біоорганічній структурі зеленого листа, людина моделює цей природний процес за допомогою напівпровідникової структури [309]. Тільки дешева сонячна енергетика включена міжнародними експертами у звіт **The Global Trends 2020 у перелік 16 найперспективніших технологій 2020 року** [115].

На цей час стало очевидним, що заміну сьогодишнього кінцевого енергоспоживача системами, які відтворюють об'єкти живої природи, можливо зробити, «запускаючи майбутнє» на базі конвергенції NBIC-технологій [10]. До основних галузей використання NBIC-технологій в енергетичній сфері, зокрема генеруванні (перетворенні, виробництві), нагромадженні, передачі та збереженні енергії, відносять [243]: фотовольтаїку (сонячні елементи), перетворення водню (паливні елементи), термоелектрику (термоелектричні пристрої), удосконалювання вуглеводної енергетики (каталізатори, добавки); світлодіоди. Значну економію електроенергії може дати тотальний перехід на світлодіодну техніку, зокрема з використанням органічних світлодіодів OLED, які засновані на різних формах зеленого флуоресцентного білку (GFD), що можуть бути також використані при створенні моніторів, телевізорів, різних дисплеїв тощо. GFD повністю безпечні для навколишнього середовища і потребують зовсім незначної кількості енергії. У табл. 4.10 перераховано деякі найбільш відомі світові нанотехнологічні розробки для фотовольтаїки, спрямовані на вирішення проблем створення й удосконалювання нових високоефективних матеріалів і нових пристроїв, зниження вартості сонячних батарей і підвищення їх ККД [314, с. 188–190].

Таблиця 4.10

Світові нанотехнологічні розробки для фотовольтаїки

Найменування	Основні наноматеріали	Позитивний ефект
1	2	3
Гнучкі органічні сонячні батареї	Фулерени (C60) і гетеро-структури C60 / p-Si	Висока поглинальна здібність у короткохвильовій області сонячного спектру
Сонячні батареї	Неорганічні й органічні матеріали з наношаровою та кластерною структурою	Накопичення й енергоперенесення
Органічні фотоелементи батарей	Полімерно-фулеренові наноструктури	Транспорт носіїв заряду здійснюється мережею нанокристалів і оргмолекул

Закінчення табл. 4.10

1	2	3
Сонячні батареї	Квантові точки	Поліпшення ККД до 42% (теоретично – до 86%) за рахунок генерації трьох електронів на один падаючий фотон
Багат шарові гетероструктури: – InGaAs/AlGaAs; – GeSi	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Квантові ями; ▪ квантові точки 	Промислова технологія виробництва фото-приймальних модулів ІЧ-діапазону
Мультикаскадні фотоелектричні перетворювачі	Наногетероструктури	ККД до 35% при 1000-кратному концентруванні наземного сонячного випромінювання (у 2 рази дешевше існуючих) для концентраторних енергоустановок
Сонячні батареї	Керамічні наноматеріали з шарів діоксиду титану й кремнію у 50–100 нм	На третину підвищують вироблення електроенергії без збільшення площі сонячних елементів
Сонячні батареї	Металеві наноматеріали (Ag, Cu, Co, Mn, Mg, Zn, Mo, Fe), їхні оксиди й гідроксиди	Дешевизна батарей, використання фізичних явищ у цих матеріалах
Тривимірні сонячні елементи	Вуглецеві нанотрубки	Підвищення коефіцієнту поглинання сонячної енергії кремнієвими батареями з 67,4% до 96,21%
Сонячні батареї	Решітки наноантен діаметром 2–4 мкм	Перетворення в електрику 92% світлової енергії (проти 80% існуючих). Працюють уночі за рахунок утилізації ІЧ-діапазону
Сонячні батареї	Полікристалічний кремній (с-Si), високочисті кремнійутримуючі матеріали	Пристрої для мікроелектроніки й фотоелементи
Сонячні елементи	Аморфний кремній (а-Si)	Зменшення товщини сонячних батарей при зростанні ефективності на 10%
Аерогелі	Об'єднані в кластери наночастинки (до 5 нм) із порожнинами (до 100 нм) до 99% об'єму	Для сонячних колекторів, мають необхідну механічну міцність
Сонячні джерела енергії	Наноструктури, сенсibiliзовані спеціальним поглинаючим фарбником	Потенціал недорогого виробництва

Складено за [314, с.188–190]

Україна, для якої проблема виживання та сталого розвитку, з огляду на агресію Росії, виявилася прямо пов'язаною з тенденціями світової енергети-

ки та з необхідністю мінімізувати фатальну залежність від вуглеводнів, може одержати шанс стати енергонебезпечною державою завдяки вдосконаленню ядерних технологій і використанню нетрадиційних джерел енергії.

Так, з атомного комплексу колишнього СРСР в Україні на момент розпаду Союзу було лише два напрями: науково-проектні інститути та власне атомна генерація – 12 реакторів типу ВВЕР і три РБМК. Сьогодні в Україні ядерна енергетика забезпечує 50 % виробництва електроенергії, але при цьому з 15 блоків АЕС чотири перевищили плановий термін експлуатації (30 років), а дев'ять пропрацювали понад 20 років [310]. Тобто у вітчизняній атомній енергетиці існує низка проблем, які потребують негайного вирішення: (1) до 2026 р. більшість блоків АЕС використають плановий ресурс, тобто термін їх експлуатації треба буде подовжувати, що спричинить зростання ризиків під час експлуатації; (2) видобуток уранових руд і виробництво уранового концентрату здійснюється в Україні, але збагачення урану – тільки за кордоном, насамперед в Росії, що потребує будівництва власної збагачувальної фабрики; (3) основним гравцем на українському ринку ядерного палива до 2014 р. були російські компанії (75–95 %), але вже сьогодні різко розширене використання на українських АЕС ТВЕЛів виробництва американської компанії Westinghouse.

На НАН України покладено обов'язок науково-технічного супроводу атомної енергетики, для чого було створено Відділення ядерної фізики та енергетики НАНУ, одним із найважливіших завдань якого було активне вивчення перспективних напрямів розвитку атомної енергетики в Україні та напрацювання відповідних пропозицій для Енергетичної стратегії держави. Комплекс досліджень, спрямованих на вирішення цілого спектра проблем ядерної енергетики, установами НАН України і закладами МОН України було проведено в рамках виконання двох важливих програм: (1) Державної програми фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки на 2004–2010 рр. [315]; (2) Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2011–2012 рр. [316].

У результаті виконання першої програми у 2004–2010 рр. були одержані цікаві перспективні результати досліджень, готові для подальшого впровадження, в тому числі технологій одержання нових металогідридних матеріалів на основі титану для контейнерів відпрацьованого ядерного палива, а також виробництва гафнію ядерної чистоти для нейтронопоглинаючих елементів.

Водночас фактичний рівень фінансування вказаної Державної програми склав близько 52 % від передбаченого обсягу, тому не вдалося завершити низку найважливіших робіт. Як наслідок, у 2011 р. Президія НАН України започаткувала Цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2011–2012 рр., а також враховуючи суттєві наукові здобутки проведеного комплексу досліджень в рамках вказаної програми Президія НАН України подовжила термін виконання програми на 2013–2015 рр. [317].

Основні результати виконання Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2011–2015 рр. наведено в табл. А.1 Додатка А [257–261]. У загальному вигляді під час виконання вказаної програми було здійснено комплекс досліджень, спрямованих на вирішення цілого спектра проблем термоядерної енергетики, зокрема: (1) розвинуто методи височастотного створення і нагрівання плазми; (2) досліджено поведінку енергійних частинок у магнітних пастках; (3) розроблено нові методи діагностики високотемпературної плазми; (4) проведено експериментальні дослідження поведінки конструкційних матеріалів першої стінки і дивертора в умовах екстремальних корпускулярних і енергетичних навантажень, що властиві термоядерному реактору. На основі результатів фундаментальних досліджень з фізики плазми за 2011–2015 рр. одержано низку важливих прикладних розробок: (1) нові методи нанесення функціональних покриттів; (2) модифікація матеріалів потужними потоками плазми; (3) плазмові джерела інтенсивного екстремального ультрафіолетового та рентгенівського випромінювання; (4) плазмові озонатори; (5) низькотемпературні плазмові озонно-ультразвукові стерилізатори; (6) геліконні технологічні джерела; (7) плазмохімічні реактори; (8) пароплазмова технологія переробки відходів; (9) створення нових перспективних екологічно чистих плазмових технологій для промисловості, медицини, сільського господарства та охорони довкілля [318].

Україна також приєдналася до міжнародних термоядерних програм, підписавши Угоду про співробітництво між Кабінетом Міністрів України та Європейським співтовариством з атомної енергії в галузі керованого термоядерного синтезу, ратифіковану Законом України від 07.03.2002 № 3104-III (3104-14), згідно з яким до основних галузей співробітництва відносяться: (1) експериментальні та теоретичні дослідження утримання плазми, процесів переносу, розігріву та керування плазмою, (включаючи розвиток відповід-

них високочастотних систем) і діагностики в тороїдальних магнітних пристроях; (2) дослідження з теорії плазми, зокрема фізики швидких іонів та альфа-частинок у тороїдальних магнітних пристроях, і вивчення турбулентної плазми та нелінійних хвильових взаємодій у плазмі; (3) технологія термоядерного синтезу; (4) прикладна фізика плазми; (5) політика щодо програм і планів [319]. Але у зв'язку з тим, що Україна офіційно не входить до об'єднання країн, задіяних у спорудженні реактора, її участь дотепер обмежувалася вирішенням окремих допоміжних завдань у межах співробітництва з лабораторіями Європи і Росії.

У 2013 р. у продовження вказаних вище наукових робіт Президією НАН України було затверджено Концепцію цільової комплексної програми НАН України «Перспективні дослідження з фізики плазми, керованого термоядерного синтезу та плазмових технологій» на 2014–2016 роки [320]. Головною метою цієї програми є підвищення ефективності досліджень із фізики плазми, керованого термоядерного синтезу (КТС) та плазмових технологій, спрямованих на виявлення нових фізичних принципів будови складних плазмових систем і створення на цій основі фізичних засад нових високо- та низькотемпературних плазмових технологій. Концепцією передбачено реалізацію низки проектів у таких напрямках досліджень: (1) фундаментальні проблеми теорії плазми; (2) керований термоядерний синтез; (3) плазмова електроніка та колективні методи прискорення заряджених частинок; (4) низькотемпературна плазма та технології на її основі; (5) плазмодинаміка; (6) космічна плазма. Основні результати виконання вказаної цільової комплексної програми за 2014–2015 рр. наведено в табл. А.2 Додатка А [260; 261].

Сьогодні усі країни світу займаються пошуком нових ефективних і екологічно толерантних енергоносіїв, що одержали назву альтернативних. Серед відновлюваних джерел енергії саме водень посідає особливе місце у вирішенні вказаної проблеми, як з точки зору високої питомої енергоємності, так і з точки зору відсутності забруднення навколишнього середовища при його використанні, оскільки при його спалюванні утворюється лише вода. Як наслідок, воднева енергетика сьогодні розглядається як найбільш реальна альтернатива сучасній енергетиці, що значною мірою базується на спалюванні вуглеводнів. При цьому водень можна отримувати із природного газу, із використанням вугілля, біомаси, практично всіх поновлюваних і нетрадиційних видів енергоресурсів, а розвиток сучасної технології паливних комірок (ПК) дозволяє з не досяжною для теплових машин ефективністю перетворювати водень на електрику, практично не забруднюючи довкілля. Для вирішення проблем розвитку водневої енергетики потрібні принципово нові технологічні рішення в напрямках отримання, зберігання і використання водню.

Саме для вирішення цих питань та залучення до досліджень широкого наукового загалу в період 1995–2005 рр. було створено низку міжнародних і національних програм з водневої енергетики. В першу чергу, це водневі ініціативи Міжнародного агентства енергії (IEA), яке підтримує понад 40 відповідних міжнародних програм. Сприяють розвитку водневої енергетики такі міжнародні організації, як Міжнародна організація співробітництва і розвитку (OECD), Міжнародне партнерство заради водневої енергетики (IPHE), Світова енергетична мережа (WE-NET) та ін. Крім того, в 2003 р. Європейська Комісія створила «Технологічну платформу для водню та паливних комірок», яка почала працювати в січні 2004 р. Низка проектів, присвячених водню, фінансувалася ЄС під егідою 6-ї та 7-ї Рамкових Програм, а також Програми «Горизонт 2020».

В Україні дослідження, присвячені розвитку водневих технологій та водневої енергетики, проводяться починаючи з середини 70-х років минулого століття, і до 2005 р. були отримані вагомі результати в напрямі розробки нових водневих технологій. У продовження вказаних досліджень розпорядженням Президії НАН України від 13.06.2006 № 152 було започатковано Цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми водневої енергетики (2006–2010 рр.)». При цьому Постановою Президії НАН України від 13.03.2006 № 183 було затверджено Концепцію програми [321]. Метою цієї програми було: (1) створення наукових основ і розробка нових високоефективних процесів, матеріалів та технологій щодо трьох основних напрямів водневої енергетики: отримання, зберігання та використання водню; (2) сприяння використанню воднево-енергетичних технологій в економіці України з метою покращення енергетичного балансу, більш повного використання для вирішення енергетичних проблем України поновлювальних джерел енергії та нетрадиційних енергоносіїв, суттєвого поліпшення екологічної ситуації в Україні.

У проведення виконаних робіт зі створення підвалин водневої енергетики в Україні Постановою Президії НАН України від 29.12.2010 № 356 було затверджено Цільову комплексну програму «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» на 2011–2015 рр. [322].

Основні результати виконання Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» в 2011–2015 рр. наведено в табл. Л.3 Додатка Л [257–261]. Так, у результаті виконання програми було: (1) розроблено наукові основи нових технологій отримання водню, що базуються на використанні відновлюваних

джерел енергії, органічних відходів, некондиційних твердих палив; (2) досліджено закономірності взаємодії водню з легкими гідридоутворюючими металами, інтерметалідами та композитами на їх основі, а також вплив атомної структури, електронної будови та стану поверхні на воденьсорбційні характеристики матеріалів – накопичувачів водню; (3) створено матеріали з водневою ємністю більше 4 мас. %, що здатні поглинати та віддавати водень в умовах, необхідних для їх використання в автомобільному транспорті; (4) розроблено нові високоефективні функціональні та конструкційні матеріали для високотемпературних оксидно-керамічних паливних комірок (ПК) та низькотемпературних ПК на основі полімерних мембран, моноблочні керамічні паливні комірки на основі ZrO_2 та покращених електродних матеріалів, нові протонпровідні полімерні мембрани з підвищеною термічною стабільністю; (5) створено та досліджено експериментальні зразки зазначених киснево-водневих паливних комірок; (6) запропоновано технології використання водневої обробки матеріалів з метою модифікації їх структури, підвищення механічних та інших експлуатаційних властивостей; (7) розроблено наукові основи деструктивного гідрування-рекомбінації інтерметалічних сполук і сплавів, що містять гідридоутворюючий метал, а також принципи оцінки працездатності конструкційних матеріалів при їх експлуатації у водневому середовищі; (8) виконано фундаментальні дослідження та запропоновано методи мінімізації шкідливого впливу водню на зварні з'єднання.

Сучасні досягнення в галузі оптоелектроніки сприяли створенню світлодіодних джерел світла з енергоефективністю, що в 8–12 разів перевищує енергоефективність ламп розжарювання. Застосування таких джерел дає змогу значно зменшити витрати електроенергії на освітлення та обслуговування електромережі, підвищити рівень екологічної безпеки, спростити створення автоматизованих систем керування мережами освітлення та світлосигнальною апаратурою. З метою забезпечення значного зниження витрат електроенергії на освітлення, підвищення його якості, зменшення навантаження на навколишнє середовище шляхом розроблення і впровадження в господарство України нової технології «твердотілого» освітлення Постановою Кабінету Міністрів України від 09.07.2008 № 632 «Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» на 2009–2013 рр. було запроваджено програму виробництва цього освітлення [323; 324].

Найбільш значущі результати виконання вказаної програми за 2009–2013 рр. наведені в табл.Л.4 Додатка Л [255–259]. У загальному вигляді вико-

нання Програми надало змогу: (1) організувати сучасне виробництво світлодіодних джерел світла, до яких належать: енергозберігаючі світлодіодні лампи з цоколем, аналогічні лампам розжарювання; освітлювальні пристрої для потреб житлово-комунального господарства; спеціальні пожежо- та вибухобезпечні світильники для шахт, рудників, вибухонебезпечних об'єктів нафтогазової та хімічної промисловості; вуличні світлодіодні світильники; стельові світлодіодні світильники для освітлення адміністративних будівель (у тому числі бюджетних установ), об'єктів промисловості; світлодіодні ілюмінаційні системи для підсвічування будинків, споруд та художньо-декоративного призначення; освітлювальні системи спеціального призначення; освітлювальні системи для транспорту; (2) забезпечити промислове виробництво енергозберігаючих світлодіодних джерел світла, енергоспоживання яких у 8–12 разів менше порівняно з лампами розжарювання, із строком служби понад 50 тис. годин; (3) заощадити близько 400 млн кВт/г електроенергії на рік для кожного мільйона світлодіодних ламп. При цьому, у разі застосування 5–7 млн світлодіодних ламп, сума економії від зменшення витрат на електроенергію становитиме 720–1000 млн грн на рік, якщо вартість електроенергії становитиме 0,36 грн за 1 кВт/г.

Таким чином, українські розробки в енергетичних технологіях певною мірою відповідають сучасним тенденціям використання конвергентних технологій для створення вітчизняної економіки майбутнього [325; 326].

Висновки до розділу 4

1. Доведено, що впровадження конвергентних технологій в Україні обумовлено потребою підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників на зовнішніх і внутрішніх ринках в умовах поглибленої інтеграції країни, перш за все, з країнами Європейського Союзу, і реалізації Угоди про асоціацію між Україною та ЄС. За цих умов загострюється необхідність у проведенні наукових досліджень і комерціалізації їх результатів, спрямованих на підвищення інноваційної активності суб'єктів виробничої діяльності.
2. Визначено, що біомедицина як один з напрямків використання конвергенції NBIC-технологій, за різними оцінками, приведе до найбільш радикальних проривних досягнень у цій галузі інновацій. Як очікується, в XXI столітті до основних тенденцій практичної реалізації фундаментальних розробок у галузі молекулярної біології і генетики, молекулярної медицини і фармакології відносяться: розвиток унікальних високо-

технологічних видів діагностики та лікування і розвиток персоналізованої медицини як основи профілактики та лікування поширених інфекційних і хронічних неінфекційних захворювань людини, в тому числі серцево-судинних, онкологічних, нейро-дегенеративних захворювань, захворювань обміну речовин.

3. Встановлено, що в Україні в період 2008–2015 рр. у рамках міждисциплінарних програм НАН України «Фундаментальні основи молекулярних і клітинних біотехнологій» та «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медицини, промисловості та сільського господарства» основні дослідження були спрямовані на вивчення особливостей транскриптому, протеому, імуному, інтерактому та метаболому людини у нормі і патології для потреб персоналізованої медицини та розробки сучасних методів профілактики та діагностики захворювань людини і тварин; розробку та розвиток сучасних методів клітинних біотехнологій та метаболічної інженерії для створення суперпродуцентів біологічно активних речовин, нових форм рослин, мікроорганізмів для потреб медицини та народного господарства (зокрема для клітинної та тканинної інженерії); мішень-спрямований пошук нових або модифікованих біологічно активних речовин, шляхів і засобів їхньої керованої доставки для створення новітніх лікувальних засобів; молекулярно-генетичні аспекти вивчення структурно-функціональної організації геномів рослин і мікроорганізмів як фундаментальної складової молекулярних біотехнологій; генетичні основи конструювання поліпшених штамів мікроорганізмів та ліній рослинних і тваринних клітин для розвитку медичних та сільськогосподарських біотехнологій. Вказані напрями досліджень цілком відповідають загальносвітовим тенденціям досліджень у біомедицині.
4. Показано, що у 2003–2015 рр. у рамках комплексних науково-технічних програм НАНУ «Дослідження у галузі сенсорних систем та технологій», «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб», «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація» було розроблено і виготовлено низку приладів для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб, дослідна експлуатація яких довела, що вони можуть забезпечити швидший, надійніший, більш чутливий та дешевий аналіз різноманітних речовин порівняно з уже існуючими аналітичними методами. Це дасть змогу: по-

кращити якість і доступність медичної діагностики; запобігти забрудненню навколишнього середовища; запобігти надходженню забруднених продуктів харчування у торгівельну мережу; запобігти споживанню населенням питної води, забрудненої шкідливими хімічними сполуками та збудниками інфекційних захворювань; покращити контроль технологічних процесів фармацевтичного, біотехнологічного та хімічного виробництва.

5. У 2001–2014 рр. за час виконання міждисциплінарних програм НАНУ «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини» та «Програми з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища» розроблені новітні медико-біологічні та біоінженерні технології для здоров'я людини та народного господарства, біологічно активні речовини для здоров'я людини, еколого-економічні механізми раціонального використання, охорони і моніторингу природних ресурсів, нові технології ефективного використання енергетичних ресурсів.
6. Визначено, що в період 2007–2015 рр. під час виконання комплексних програм «Біомаса як паливна сировина» («Біопаливо») та «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» науковими закладами НАНУ з метою розширення використання альтернативних видів палива за рахунок біопалив продовжувалися роботи із залучення перспективних біологічних ресурсів та розробка і впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії для отримання рідких біопалив і розширення їх використання; запровадження використання найбільш ефективних, у т. ч. нетрадиційних та альтернативних, джерел сировини для отримання біопалив; отримання високоякісної сировини з енергетично цінних рослин, включаючи покращення показників їх продуктивності та кінцевого виходу спирту й олій; підвищення якісного складу та кількісного вмісту енергетично цінних речовин (крохмалю, цукру, олії тощо) в біосировині для отримання рідких біопалив; створення нових штамів мікроорганізмів, грибів і мікроводоростей, а також розширення їх ресурсної генетичної бази для отримання рідких біопалив; вдосконалення і розроблення новітніх хімічних технологій, а також застосування нових підходів для біоенергоконверсії; удосконалення технологій хімічної трансформації жирних кислот в олії для одержання біодизеля; вдосконалення існуючих та розробка альтернативних технологій отримання паливних компонентів, необхідних для виробництва біопалив;

використання відходів сільськогосподарського виробництва, лісової, харчової промисловості та побутових відходів як сировини для отримання біопалив; практичне використання побічних продуктів і відходів виробництва біопалив; порівняльний аналіз різних джерел біоенергетичної сировини з урахуванням собівартості, екологічної безпеки, а також можливості отримання при цьому додаткових корисних продуктів.

7. Доведено, що сьогодні нанотехнології являють собою одну з основних тенденцій розвитку науки й техніки. Нанотехнології вже зачіпають і докорінно змінюють медицину і біотехнології, енергетику, електроніку, обробну промисловість й 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. Нанотехнології зможуть вийти на повномасштабне комерційне застосування, коли будуть вирішені три проблеми: самоорганізація наноматеріалів, їхнє самоформування й самоскладання. Нанотехнологічні інноваційні розробки обіцяють виникнення великої кількості проривних бізнес-проектів, які можуть «підірвати» соціальну рівновагу й одночасно дозволять людству пережити період бурхливого, експоненційного зростання нових технологій, пов'язаного зі злиттям цілого ряду традиційних наук (особливо біології, інформатики тощо) та їхнього взаємного синергетичного збагачення.
8. Встановлено, що в 2003–2014 рр. установами НАНУ виконувалася комплексна програма «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» у 4 розділах: «Фізика та діагностика нанорозмірних систем», «Хімія наноматеріалів та наноструктур», «Технології наноматеріалів», «Біонаносистеми». Крім того, у 2010–2014 рр. виконувалась Державна цільова науково-технічна програма «Нанотехнології та наноматеріали» у таких напрямках нанодосліджень, як: нанобіотехнології; наноелектроніка і нанофотоніка; наноматеріали; діагностика наноструктур; забезпечення розвитку наоіндустрії; технології напівпровідникових наноструктур; фізика наноструктур; нанохімія; нанобезпека. Проте фінансування проектів за цією державною програмою залишалося вкрай низьким, а отже заплановані програмою роботи не були виконані у повному обсязі, а перші завершені результати досліджень з'явилися тільки з 2012 р., також був створений науково-освітній центр «Наноелектроніка і нанотехнології».

9. Визначено, що з 2015 р. з метою подовження міждисциплінарних досліджень НАН України виконує комплексну програму «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій», в результаті якої буде: створено легкі, міцні і корозійностійкі конструкційні матеріали із заданими властивостями для машинобудування, аерокосмічної техніки, систем захисту від електромагнітних полів; розроблено нанотехнології з'єднання конструкційних матеріалів, створено високоміцні термостійкі, антикорозійні захисні покриття різноманітних конструкцій; створено мініатюрні й швидкодіючі електронні прилади нового покоління, сенсори і системи для інформаційних технологій та медицини; створено високоефективні пристрої і системи для малої енергетики – сонячні й паливні елементи, хімічні джерела енергоживлення, матеріали для акумулювання електричної енергії та водню; отримано наноструктурні каталізатори для використання в енергоощадних і екологічно чистих виробництвах і транспортних засобах, розроблено прості й дешеві методи очищення забруднених вод, вироблені високоєфективні сорбенти; вироблені нові фармацевтичні препарати і матеріали медичного призначення на основі нанотехнологій для лікування найбільш поширених і небезпечних хвороб (прицільне постачання ліків до хворих органів, діагностика процесів у живих клітинах, біосумісні імпланти); створено нові препарати сільськогосподарського призначення; виконано потенційні замовлення з оборонної тематики.
10. Показано, що в 2012–2015 рр. також продовжувалися роботи закладів НАНУ в рамках комплексної програми «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва» у таких напрямках досліджень: нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі для техніки нового покоління; нові неорганічні матеріали для сучасної техніки; нові полімерні матеріали різного функціонального призначення; нові речовини і матеріали для потреб медицини та агропромислового комплексу; створення нових енерго-, ресурсозберігаючих та екологічно сприйнятливих способів одержання малотоннажних речовин і матеріалів хімічного виробництва.
11. Доведено, що сьогодні інформаційні технології виступають локомотивом розвитку провідних країн світу, але конвергенція NBIC-технологій фантастично розширює можливості як самих інформаційних технологій, якісно змінюючи їх спрямування і напрями застосування, так і створює можливості для розвитку інших сфер науки та технологій. Вибуховий

прогрес NBIC-технологій за останні десять років дуже швидко змінює стан розвитку інформаційного суспільства в Україні. Встановлено, що до найбільш перспективних ІКТ з погляду їх комерційного застосування до 2020 р. фахівці відносять: хмарні технології; мобільні платформи і застосування; інтернет речей; дані й аналітика; цифрові технології лікування; штучний інтелект / когнітивні обчислення; нанотехнології в електроніці тощо. Крім того, зростає роль біологічних принципів обробки інформації, які потребують створення масових інтелектуальних систем збирання й обробки інформації, а також систем управління, які б ефективно вирішували задачі штучного інтелекту. Як наслідок, в розвинених країнах широко застосовуються Grid-мережі, ресурсними елементами яких є суперкомп'ютери та їх центри, а інфраструктурною складовою – високошвидкісні мережі передачі даних.

12. Показано, що в 2006–2013 рр. в Україні в рамках виконання державних науково-технічних програм «Образний комп'ютер», «Впровадження і застосування Grid-технологій в Україні» активно розбудовувалася Українська національна Grid-мережа (УНГ), і сьогодні вказані роботи продовжуються в рамках комплексної програми наукових досліджень «Grid-інфраструктура і Grid-технології для наукових і науково-прикладних застосувань», основними пріоритетами якої визначено: формування сучасної електронної інфраструктури, що передбачає створення та застосування Grid-кластерів, програмно-технічних засобів, телекомунікаційних мереж і систем Grid-, хмарних та інших перспективних технологій; підвищення потужності та якості Grid-інфраструктури за допомогою підсилення наявних обчислювальних Grid-кластерів, створення національного каталогу сервісів; створення гнучкого віртуального дослідницького середовища зі спрощеним доступом до ресурсів українського та світового інформаційно-обчислювального простору; створення умов і механізмів взаємодії між дослідниками та ІТ-колабораціями і проектами різних країн, формування та підтримка віртуального національного центру компетенції, його взаємодія з центром компетенції EGI; розширення сфери застосування Grid-, хмарних та інших сучасних обчислювальних технологій у наукових дослідженнях.
13. Визначено, що протягом 2000–2011 рр. в Україні здійснювалися роботи із удосконалення існуючих і розробки нових принципових схем суперкомп'ютерів, які дозволили створити три покоління суперкомп'ютерів СКІТ і реалізувати новий комплексний архітектурний проект розбудови енергоефективних кластерних обчислюваль-

них систем СКІТ-4 із продуктивністю 12 Тфлопс. З 2012 р. і дотепер роботи з нарощування потужності СКІТ-4 продовжуються в рамках програми наукових досліджень НАНУ «Розробка інтелектуальних суперкомп'ютерних систем сімейства СКІТ, забезпечення їх ефективного функціонування та створення інформаційних технологій, сучасного математичного, програмно-технічного забезпечення для розв'язання складних та надскладних науково-практичних задач (Інтелект)».

14. Встановлено, що розвиток мікроелектронної техніки у провідних країнах-лідерах завдяки широкому використанню конвергентних технологій привів до появи технологічних проривів у мініатюризації, підвищенні швидкості і продуктивності приладів та пристроїв з обробки і передачі інформації. В Україні розвиток мікроелектронної техніки показав, що сьогодні вона має найкращі стартові позиції для конкуренції на світових ринках у: світлотехніці на базі наджскравих світлодіодів, мікрохвильовій електроніці, опти- та інфрачервоної електроніці, при цьому у мікрофотоелектроніці Україна має замкнене виробництво і наскрізну кооперацію, що дозволяє створити сучасні вітчизняні високорентабельні виробництва без мільярдних капіталовкладень. У 2007–2012 рр. в Україні діяла низка державних програм підтримки розвитку електроніки як матеріальної бази ІКТ в Україні, в тому числі «Розроблення і освоєння мікроелектронних технологій, організація серійного випуску приладів і систем на їх основі», фінансування яких було незадовільним. З 2008 й до сьогодні діє державна науково-технічна програма розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів, метою якої є створення принципово нових конкурентоспроможних сенсорних наукоємних продуктів (матеріалів, сенсорів, аналітичних приладів й інтелектуальних систем) та їх впровадження в усі сфери промисловості та споживання.
15. Доведено, що у зв'язку із загостренням енергетичних і екологічних проблем перспективою поступового вичерпання викопних вуглеводнів для більшості країн світу все гостріше постає питання широкого залучення новітніх конвергентних технологій у розвиток атомної енергетики, створення термоядерної енергетики і розширеного використання відновлюваних джерел енергії та пошуку нових ефективних і екологічно толерантних енергоносіїв. Зокрема, заміну сьогоденішнього кінцевого енергоспоживача системами, що відтворюють об'єкти живої природи, можливо зробити, «запускаючи майбутнє» на базі конвергенції NBIC-технологій, які найбільш перспективні у фотовольтаїці (сонячні елемен-

- ти), перетворенні водню (паливні елементи), термоелектриці (термоелектричні пристрої), удосконаленні вуглеводної енергетики (каталізатори, добавки); виробництві світлодіодної техніки, зокрема з використанням органічних світлодіодів OLED.
16. Показано, що в 2004–2010 рр. для вирішення проблем ядерної енергетики України виконувалась «Державна програма фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки», але фактичний рівень фінансування вказаної програми склав близько 52 % від передбаченого обсягу. У 2011–2015 рр. закладами НАНУ виконувалась комплексна програма «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки», в рамках якої було одержано низку важливих прикладних розробок, а саме: нові методи нанесення функціональних покриттів; модифікація матеріалів потужними потоками плазми; плазмові джерела інтенсивного екстремального ультрафіолетового та рентгенівського випромінювання; плазмові озонатори; низькотемпературні плазмові озонно-ультразвукові стерилізатори; геліконні технологічні джерела; плазмохімічні реактори; пароплазмова технологія переробки відходів; створення екологічно чистих плазмових технологій для промисловості, медицини, сільського господарства та охорони довкілля.
17. Визначено, що наукові заклади НАНУ беруть активну участь у спільних з лабораторіями ЄС і Росії дослідженнях зі створення технологій керуваного термоядерного синтезу, в тому числі в 2014–2015 рр. у рамках комплексної програми «Перспективні дослідження з фізики плазми, керуваного термоядерного синтезу та плазмових технологій». Найважливішими результатами стали: здобуття нових знань про фізичні явища, що відбуваються у високотемпературній плазмі, у тому числі при її взаємодії з твердими поверхнями; розробка принципів аспектів термоядерної енергетики майбутнього; розробка фізичних засад та обладнання для перспективних іонно-плазмових технологій для промислової обробки матеріалів, охорони довкілля, сільського господарства, медицини, діагностики речовини тощо; розвиток плазмової електроніки, плазмодинаміки та фізичних основ колективних методів прискорення заряджених частинок; поштовх до розвитку індустрії виробництва високотехнологічної продукції, яка наразі практично повністю імпортується.
18. Встановлено, що в 2006–2015 рр. Україна продовжує інтенсивні фундаментальні і прикладні дослідження в рамках програм «Фундаменталь-

ні проблеми водневої енергетики», а також «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» з розвитку технологій отримання водню, створення відповідних матеріалів і високоефективних процесів, що може привести до суттєвого зниження вартості як самого водню, так і допоміжних систем, особливо паливних комірок, а також сприятиме широкій комерціалізації технологій водневої енергетики і узгоджується із загальною тенденцією зростаючого використання альтернативної енергії і максимально можливої децентралізації енергопостачання.

19. Визначення в Україні пріоритетів досліджень у конвергентних технологіях носить поки що безсистемний характер і не відповідає пріоритетам бюджетного фінансування. Розробка Стратегії розвитку конвергентних технологій в Україні відповідно до глобальних і специфічних національних проблем, створення Національної програми розвитку конвергентних технологій в Україні, в якій будуть ув'язані чіткі пріоритети наукових досліджень, забезпечення фінансуванням (за етапами робіт), організаційна підтримка держави, механізми впровадження у підприємницький сектор, критерії результативності заходів та підзвітність відповідальних виконавців перед урядом (за бюджетне фінансування) та підприємцями (за позабюджетні кошти).
20. Доведено, що існує необхідність у створенні Консультативних робочих груп як із співробітників НАН України та інших наукових закладів, так і за участю незалежних експертів, які мають певний досвід роботи у визначеному напрямку досліджень, для аналізу поточного виконання програм розвитку конвергентних технологій, складання прогнозів і уточнення пріоритетів розвитку конвергентних технологій (зокрема NBIC-технологій) в Україні. Вказані заходи дадуть можливість більш раціонально скеровувати витрати обмежених бюджетних коштів і управляти відповідними дослідженнями, спрямованими на реструктуризацію промисловості і підвищення конкурентоспроможності економіки України в цілому.

Організаційні механізми підтримки розвитку і впровадження конвергентних технологій у країнах світу й Україні

5.1. Інфраструктура підтримки розвитку конвергентних технологій в умовах формування спільного дослідницького простору

У загальному вигляді для інституційної підтримки науково-технологічного розвитку країн світу використовують різноманітні механізми, а саме: регіони науки, наукові парки, технологічні парки, індустріальні парки, науково-інноваційні центри, центри трансферу, технологічні та бізнес-інкубатори, стартапи, спін-офф компанії, венчурні та «посівні» фонди. Особливу увагу науковців було спрямовано на вивчення взаємодії окремих механізмів підтримки наукового й інноваційного розвитку, перш за все на такі достатньо нові елементи інфраструктури, як: (1) кластери (Дж. Бекатіні, А. Маршал, М. Портер); (2) мережі (М. Кастельс); (3) технологічні платформи (наукові підрозділи Єврокомісії), що одержали бурхливий розвиток у провідних країнах – технологічних лідерах у перше десятиліття XXI століття.

Вперше позитивний ефект кластеризації промисловості відмічав ще Й. Шумпетер у 1939 р. [327]. Більш сучасні концепції кластерів викладені в роботах таких учених, як: Дж. Бекатіні (1979 р.) щодо переваг «промислових округів» [328], А. Маршал (1980 р.) щодо географічної концентрації (агломерації) економічної діяльності [329], М. Портер (1998 р.) щодо моделі конкурентних переваг [330; 331]. При цьому більшість науковців розглядають кластери як елемент промислової політики, і в цьому контексті, наприклад, сучасні українські вчені М. Кизим [332] і В. Хаустова надають у своїх роботах таке визначення: «... кластер являє собою групу географічно локалізованих взаємозалежних підприємств, організацій та установ, які взаємоповнюють один одного і підсилюють конкурентні переваги окремих учасників і кластера в цілому» [333].

В той же час з розвитком теорії інноваційних систем сформувалися основні концепції «інноваційних кластерів», а саме: (1) регіональні інноваційні системи, що займаються інституційною підтримкою інновацій в регіоні [334]; (2) власне кластери як географічна концентрація взаємозалежних під-

приємств [330; 331]; (3) потрійна спіраль як взаємопов'язані суб'єкти промисловості, університетів та публічної влади у процесі створення інновацій [335]; (4) секторальні інноваційні системи як галузеві системи інновацій, що виникають під час їх створення, впровадження та використання [336].

На рівні державних нормативних актів концепція «інноваційного кластера» була визначена у 2008 р. у звіті Єврокомісії «Концепція кластерів і кластерної політики та їх роль для конкурентоспроможності й інновацій» (The Concept of Clusters and Cluster Policies and Their Role for Competitiveness and innovation), а саме: «Інноваційний кластер – це група незалежних підприємств: інноваційних стартапів, малих, середніх і великих підприємств, а також науково-дослідних організацій, які здійснюють свою діяльність у конкретній галузі та регіоні, метою яких є стимулювання інноваційної активності шляхом заохочення інтенсивної взаємодії, забезпечення матеріально-технічною базою, обміну знаннями і досвідом, а також через сприяння ефективному трансферу технологій, утворенню мереж і розповсюдженню інформації серед підприємств у кластері» [337].

При цьому інноваційні кластери стали основою європейської стратегії посилення ролі регіонів у визначенні інноваційної політики держави з урахуванням розумної спеціалізації регіонів, яка означає «... вибір на регіональному рівні областей, в яких вони зможуть зробити найбільший внесок в економічний розвиток шляхом підтримки досліджень, розробок й інноваційної діяльності в рамках виявлених областей спеціалізації» [337].

Серед сучасних українських дослідників слід виділити О. Сімсон, яка пропонує бачення інноваційних кластерів у вигляді інституційних суб'єктів інноваційної інфраструктури, зокрема як «... партнерської договірної форми об'єднання інтересів територіальних громад, промислових та інших підприємств, фінансових установ, наукових установ та організацій у межах певної галузі виробництва (сфери технологій) і території (регіону), що спрямована на стимулювання інноваційної діяльності шляхом встановлення інтенсивної взаємодії між партнерами за рахунок територіальної близькості, спільної матеріально-технічної бази, мереж обміну знаннями, досвідом та інформацією, а також державної підтримки на території кластера» [338, с. 386].

Ще одним напрямом вивчення взаємодії інститутів генерації і комерціалізації знань стала парадигма *мережевої організації науково-інноваційної діяльності* у постіндустріальній економіці, реалізація якої стала можливою завдяки бурхливому розвитку інформаційних технологій. У роботах М. Кастельса (1999 р.) докладно розглянуто процеси формування мережевого управління на основі реалізації переваг просторових структур [339; 340]. Так, М. Кас-

тельс визначає мережеву структуру як комплекс взаємопов'язаних інформаційними технологіями вузлів – ділових одиниць, а мережеве підприємство – як специфічне утворення, що спроможне генерувати знання й ефективно обробляти інформацію, адаптуватися до зміни ринкових умов, бути гнучким для швидкої зміни організаційно-економічних інструментів під впливом швидких культурних, технологічних та інституційних змін, впроваджувати інновації як головну перевагу в конкурентній боротьбі [340].

У продовження вказаних досліджень в роботах Л. Вороніної і С. Ратнер (2010 р.) вводиться поняття *науково-інноваційної мережі*, як «... комплекс взаємопов'язаних вузлів, які являють собою дослідницькі, проектні, конструкторські, маркетингові і випробувальні заклади (їхні підрозділи, творчі колективи), а також промислові підприємства (фірми), що організовані за принципом мережі» [341]. Саме такі мережі забезпечують реалізацію повного інноваційного циклу – від генерації знань до їх втілення в конкретному продукті чи технологіях – в межах проектних ланцюжків, які складаються всередині мережі, забезпечуючи максимально ефективну реалізацію початкових стадій інноваційного циклу, і розвиваються у процесі проходження конкурентної стадії інноваційного циклу за її межами.

Слід зазначити, що усі вказані структури спрямовані на поєднання науки, бізнесу і влади у формі потрійної спіралі з метою вирішення економічних, технологічних і соціальних викликів на основі узгодження фундаментальних, прикладних досліджень і трансферу технологій для досягнення в майбутньому конкурентоспроможності та економічного зростання певної країни. При цьому взаємозв'язок науково-інноваційних мереж із кластерами здійснювався, в основному, на таких рівнях [341, с. 132]:

- на рівні регіонального кластера, що передбачає концентрацію взаємопов'язаних фірм однієї або кількох близьких галузевих спеціалізацій у межах невеликої географічної області. Цей рівень відповідає зародковій стадії формування науково-інноваційної мережі – на рівні дифузії прикладних знань і розповсюдження ліцензійних технологій;
- на рівні регіональної інноваційної мережі, яка обумовлює більш організовану кооперацію між фірмами на основі договірних відносин, спрямовану на розвиток інноваційної активності фірми. Цей рівень розвитку мережі передбачає спільні дослідження з обміном проміжними результатами;
- на рівні регіональної інноваційної системи, що передбачає кооперацію між інноваційно активними фірмами і різноманітними організаціями

середовища генерації знань задля спільного одержання і використання знань. Цей рівень обумовлює спільне створення і використання об'єкта дослідницької інфраструктури, інформаційних баз, результатів фундаментальних і прикладних досліджень, а також розподіл дослідницької праці.

В той же час, незважаючи на те, що й дотепер кластерні утворення залишаються основним механізмом інноваційного розвитку у розвинених країнах, починаючи з 2003 р. в ЄС почала формуватися концепція *технологічних платформ (ТП)* і поєднання їх з територіальними кластерами, що склалися [342; 343]. У загальному вигляді технологічна платформа являє собою механізм, покликаний об'єднати зусилля для формування єдиної стратегії розвитку конкретного напрямку з урахуванням інтересів усіх сторін, а також є інструментом, що структурує інтереси різних сторін на конкретних галузевих напрямках у контексті вирішення глобальних і специфічних національних проблем [333, с. 214]. При цьому мережева платформа спрямована на створення зв'язків для визначення мети й підтримки досліджень і розробок [344].

ТП є новим комунікаційним майданчиком для обговорення найважливіших проектів технологічного розвитку країни, вироблення і реалізації довгострокових пріоритетів інноваційного розвитку різних секторів економіки. ТП дозволяють сфокусувати інтереси учасників інноваційної діяльності на перспективних напрямках створення «проривних» інновацій. Як інструмент управління інноваційною діяльністю ТП доцільно використовувати в тих випадках, коли інтереси бізнес-структур недостатньо чітко структуровані, а вибір стратегічних напрямів інноваційної діяльності, включаючи фінансування конкретних НДДКР, фактично здійснюється державою без участі бізнес-спільноти. При цьому, не підміняючи собою існуючі інструменти державного регулювання науково-технічною та інноваційною сферою певної країни, ТП можуть бути ефективно інтегровані у промислову й інноваційну політику держави, що є важливою перевагою ТП порівняно з іншими інструментами управління інноваційною діяльністю. При цьому ТП дають можливість уточнити пріоритети інноваційної діяльності, сформувані нові науково-виробничі зв'язки, скоординувати механізми реалізації бюджетних цільових програм, що реалізуються на умовах державно-приватного партнерства [333; 344; 345].

Таким чином, у сучасній інноваційній політиці країн ЄС можна виокремити такі основні форми партнерства: європейські інноваційні партнерства, європейські технологічні платформи, контрактні та інституціоналізовані державно-приватні партнерства, кластерно-мережеві структури Європейського інституту інновацій і технологій, Європейські промислові ініціати-

ви, державні партнерства [333]. До основних заходів політики з підтримки взаємодії кластерів і технологічних платформ у ряді країн ОЕСР відносять: (1) створення і консолідацію кластерів – через державні програми, а також просування мережевих структур і сервісів для підприємців з метою координації кластерів; (2) створення мережевих платформ – використовуючи зв'язки всередині науки (просування спільних дослідницьких центрів і центрів переваг), зв'язки «наука – промисловість» (просування державно-приватних партнерств), зв'язки всередині промисловості (просування галузевих мереж); (3) інтернаціоналізацію – за допомогою програм кластерів конкурентоспроможності і кластерів переваги [333, с. 216–218; 344].

В той же час обрана більшістю країн модель трьох спіралей взаємодії «влада – наука – бізнес» призвела до того, що найбільш цікаві й перспективні ТП і кластери, створені як інкубатор для інноваційних ідей і розробок малих підприємств, почали поглинатися транснаціональними корпораціями і посилювати цим олігархізацію економіки країн. При цьому провідні країни – технологічні лідери виділяють зі своїх бюджетів величезні кошти на розвиток і підтримку своєї інноваційної інфраструктури. Наприклад, США у федеральному бюджеті на 2017 р. передбачили виділення 2,78 млрд дол. (зі 145,7 млрд дол. усього фінансування досліджень і розробок) на придбання, проектування, будівництво або капітальний ремонт (чи перепланування) об'єктів науково-дослідної інфраструктури, а також фізичних матеріальних засобів для використання в науково-дослідній діяльності незалежно від того, чи будуть ці об'єкти використовуватися урядом або приватною організацією, і незалежно від права власності. У табл. М.1 Додатка М наведено розподіл видатків з бюджету США на розвиток науково-дослідної інфраструктури на 2015–2017 рр. за основними галузями [346].

У 2004–2015 рр. стрімке зростання обсягів міждисциплінарних досліджень у більшості провідних галузей, а також широке розповсюдження конвергентних NBIC-технологій і формування на їх основі передових виробничих технологій, які мають найбільшу комерційну перспективу до 2020 р., викликало потребу у використанні більш загальних, ніж технологічні платформи, інструментів управління інноваційною діяльністю. При цьому підходи до комбінації інструментів впровадження конвергентних технологій в економіку для різних країн можуть відрізнятися.

Починаючи з 2013 р. країни ЄС, США, Японія і Південна Корея як світові технологічні лідери почали будувати свою науково-інноваційну політику на основі моделі чотирьох спіралей «влада – наука – громадянське суспільство – бізнес», що має багато гравців і унеможливає поглинання однією

структурою (навіть потужною ТНК). У цій моделі головним елементом є не кластер або ТП, а *інноваційна екосистема*. Зокрема, українські вчені Л. Федулова та О. Марченко визначають інноваційну екосистему як «... сукупність організаційних, структурних і функціональних компонентів (інституцій) та їх взаємовідносин, задіяних у процесі створення та застосування наукових знань та технологій, що визначають правові, економічні та соціальні умови інноваційного процесу та забезпечують розвиток інноваційної діяльності як на рівні підприємства, так і на рівні регіону та країни в цілому за принципами самоорганізації [347, с. 26].

У 2013 р. фахівцями Всесвітнього центру оцінки технологій (WTEC) та зацікавленими експертами був запропонований механізм реалізації передбачених вигід від конвергенції знань, технологій і суспільства на прикладі створення *національних КЗТС-ініціатив*, які можуть бути організовані у вигляді групи центрів в освітніх і дослідних установах, технологічних платформ, програм і організацій, а також відповідного зв'язку і координації з державними органами [28; 29; 348].

У табл. 4.1 наведено запропонований WTEC механізм реалізації конвергенції знань, технологій і суспільства в рамках національних КЗТС-ініціатив [28; 29, с. 5].

Таблиця 5.1

Механізм реалізації КЗТС у рамках національних КЗТС-ініціатив

Елементи механізму	Основне спрямування діяльності елементів
1	2
Центри в освітніх і дослідних установах	<p>Дослідницькі та освітні установи могли б стати базою для центрів і мереж із підтримки формування та вдосконалення КЗТС відповідно до трьох першочергових пріоритетів:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Теорія та методи виміру, оцінки та інформаційні підходи до конвергентних платформ і процесів; 2. Децентралізована освітня мережа для впливу на горизонтальну (міждисциплінарний вплив) та вертикальну (вплив протягом всього життя людини) КЗТС-інтеграцію систем; 3. Центри біомедицини, в яких поєднується біологія, медицина, наука й інженерія у системі охорони здоров'я
Технологічні платформи	<p>Платформи будуть фокусуватись навколо сфер національних інтересів:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ сталі, децентралізовані конвергентні NBIC-технології виробництва, такі як локальне виробництво з кібер-підтримкою, нанобіотехнології та психо-кібер-фізичні системи; ▪ когнітивне суспільство, дослідження мозку та когнітивні розрахунки;

Закінчення табл. 5.1

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ сталі міські спільноти; ▪ датчики стану навколишнього середовища; ▪ класифікація та інтеграція даних; ▪ посилення людського потенціалу
Програми й організації	Інтеграція необхідна для методології оцінки підтримки діяльності конвергентних екосистем, результатів досліджень та розвитку, що забезпечують передачу інформації з мозку людини до систем земного виміру, а також для розвитку нових парадигм з метою розуміння і обміну науковими знанням, для моніторингу зростаючого людського потенціалу на всіх рівнях
Координація державних органів	Органи влади будуть виконувати роль оцінки та підтримки можливостей для конвергенції у межах національного уряду і між національними та місцевими органами влади у таких сферах, як оздоровлення, старіння та процеси прийняття рішень. Національний орган КЗТС-конвергенції буде забезпечувати підтримку й управління національними ініціативами та поточною ситуацією

Джерело: сформовано автором на основі [28; 29, с. 5]

Більш докладно основні напрями діяльності елементів інфраструктури підтримки КЗТС-ініціатив у США за пропозицією WTEC наведені в табл. М.2 Додатка М [28; 29, с. 27–31].

Інтеграція цих п'яти основних компонентів КЗТС-ініціативи охоплює результати фундаментальних досліджень NBIC, що надходять з Національної нанотехнологічної ініціативи, Програми наукових досліджень і розробок у сфері мереж та інформаційних технологій, Глобальної ініціативи зі зміни клімату, Глобальних систем спостереження Землі та інших подібних існуючих у США проектів. У свою чергу, ініціатива КЗТС буде підтримувати ці та інші ініціативи та програми.

Таким чином, фахівці WTEC пропонують спрямувати *Урядову програму конвергенції* на ті області, які становлять національний інтерес, а саме: (1) «конвергентні революційні технології для персональних послуг (Cortis)», де індивідуальні послуги включають до себе надання та отримання персоналізованої освіти, медицини, виробництва і загальних послуг (на основі вебмережі або ні), а також створення персональних «розумних» екологічних і культурних середовищ; (2) когнітивне суспільство і довічне благополуччя; (3) розгалужене виробництво на основі NBIC (виробничо-центрована конвергенція); (4) конвергенція у сфері біомедицини (науки про життя, фізичні науки і інженерія); (5) підвищення людського потенціалу (конвергенція можливостей людини, в тому числі взаємодії людини та машини, співробітництва

на основі комп'ютерної підтримки, комплементарної робототехніки, комунікації за типом «від мозку до мозку», когнітивних обчислень і створення мап активності мозку (картування); (6) стійкі земні системи (нові тенденції в області конвергенції ресурсів-технологій-спільноти, в тому числі моніторинг глобальних земних динамічних систем і методів впливу на них, урбанізація та інші переміщення населення); (7) сприяння розвитку творчості, інноватики та аналізу рішень у сфері доданої вартості; (8) федеральне бюро з конвергенції знань і технологій (CONEKT), яке зосередиться на підходах до конвергенції, та інші федеральні органи для пріоритетних платформ конвергенції (наприклад, для урядових програм з науки, технологій та інвестиційного планування) [28; 29; 348].

При цьому WTEC окремо визначає три найбільш перспективні області застосування конвергентних технологій у виробництві: (1) розширене та пов'язане виробництво – стає можливим за умови гнучкості процесів, модульної концепції, внутрішньопроектної метрології, прогностичних наук та технологій, а також взаємодії людина-машина, що надає можливість: (а) значно полегшити та зробити більш ефективною доступність продукту; (б) створити дизайн, орієнтований на споживача (від сенсорів зі специфічними робочими характеристиками, які можна носити людині, до деталей, які можуть замінити частини тіла людини хірургічним шляхом, і до індивідуальних витворів мистецтва); (в) варіювати розмірами виробництва від малого обсягу до широких масштабів; (г) задовольнити потребу в інтегрованих кібер- та фізичних системах, які стануть предметом необхідності; (2) промислова технологія ДНК – модельне відображення дизайну та структури виробничого процесу подібно до генетичного коду, який дозволяє різко переключатися у процесі виробництва та змінювати компоненти системи, а також здійснювати точний контроль за виробничими параметрами із застосуванням невеликих ресурсів; (3) інтеграція соціальних і фізичних наук – може оптимізувати методи проектування та виробництва, спираючись не тільки на функціонування ринкових механізмів з метою визначення, які продукти виробляються, але й на запровадження сталості й загального людського добробуту у процес прийняття рішень на всіх стадіях виробництва у напрямку інноваційних циклів інтенсивних знань, капіталу та навичок. Прикладом того, де всі вищезазначені області необхідні, є можливості інтегрованих електронних наносистем, що розвиваються та розширюються до потужних платформ смислової пам'яті, здатних координувати зростаюче різноманіття нанопристроїв: сенсорів, приводів (соленоїдів), пристроїв акумулювання енергії, резисторів з програмним управлінням, довгострокової пам'яті, систем, що управляються користувачами, і т. д.

Трансформація організацій та бізнесу буде висувати до конвергенції більш високоцільові критерії, зокрема: економічна продуктивність; людський потенціал; безпека життя, включаючи сталий розвиток. Як наслідок, ці трансформації будуть вимагати таке: (1) організаціям необхідно буде адаптуватися та спростити створення нових знань і виготовлення моделей, а самим перетворитися на комплексні організації; (2) необхідність розширення міжнародної координації з метою підвищення міжнародної конкурентоспроможності; (3) традиційні інститути повинні будуть адаптуватися до обмежених ролей (оскільки соціальні медіа оминають такі інститути) та сприймати можливості і загрози, що виникають у зв'язку зі змінами у технологічних функціях та ролі управління.

З 2012 р. країни ЄС та асоційовані країни стали учасниками розбудови *Європейського дослідницького простору*, ЄДП (European Research Area, ERA), у рамках реалізації пріоритету розумного зростання (зростання економіки, що ґрунтується на знаннях та інноваціях) Стратегії Європа 2020, а також *проектної ініціативи «Інноваційний союз»*, що передбачає покращення умов доступу до фінансування досліджень та інновацій з метою забезпечення перетворення інноваційних ідей на продукти та послуги, що сприятиме створенню і якісному розвитку робочих місць.

При цьому для реалізації ініціативи «Інноваційний союз» було передбачено низку заходів як на рівні ЄС, а саме: (1) завершення ЄДП і розробка програми стратегічних досліджень, яка б фокусувалася на таких проблемах, як енергетична безпека, транспорт, кліматичні зміни й ефективне використання ресурсів, охорона здоров'я та старіння населення, екологічно нешкідливі методи виробництва та ін.; (2) покращення рамкових умов для інноваційного бізнесу; (3) впровадження «Європейських партнерств в інноваційній сфері» між ЄС та національними рівнями країн-членів з метою прискорення розвитку та розміщення технологій для вирішення виявлених проблем і викликів; (4) зміцнення і подальша розробка ролі інструментів ЄС сприяння інноваціям (структурні фонди, рамкові програми розвитку науково-дослідної діяльності (в т. ч. «Горизонт 2020» (Horizon 2020), програма розвитку інновацій (Competitiveness and Innovation Framework Programme, CIP), стратегічний план енергетичних технологій (Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan) тощо); так і на національному рівні держав-членів [42].

Створення ЄДП передбачає: (1) визначення головних глобальних викликів, які стосуються країн-учасниць простору; (2) створення спільної дослідницької інфраструктури для їх вирішення; (3) сприяння мобільності дослідників задля можливості їхньої участі у певних локальних дослідницьких

інфраструктурах; (4) за допомогою найширшого використання електронної інфраструктури (*e*-інфраструктури) поєднання і розвиток локальних дослідницьких інфраструктур; (5) узгодження стандартів управління національними інноваційними системами на основі спільної експертизи проєктів і загальних принципів базового фінансування [42].

В основу ЄДП покладено, перш за все, парадигму Відкритої науки, яку почали розвивати з 2013 р. і основою якої є загальна уніфікована *e*-інфраструктура з відкритим доступом для дослідників з будь-якого місця. Зокрема, *Європейська хмара відкритої науки* (European Open Science Cloud, EOSC) передбачає наявність технологій об'єднання і надання послуг державним і приватним користувачам, а також систему безкоштовного доступу до кінцевих споживачів системи [349]. Так, у травні 2015 р. Рада Європейського Союзу обговорила *нову Стратегію Єдиного Цифрового Ринку* (Digital Single Market policy, DSMP), в рамках якої Хмара Відкритої Науки буде відкритою, сервіс-орієнтованою, інклюзивною для всіх зацікавлених сторін і буде піднімати дослідження на наступний рівень, а саме: (1) сприятиме не тільки розвитку передової науки і багаторазовому використанню наукових даних, але й зростанню числа робочих місць і збільшенню конкурентоспроможності в Європі; (2) приведе до підвищення загальноєвропейської ефективності інвестицій в науковій інфраструктурі шляхом просування їх взаємної сумісності та взаємодії у беспрецедентних масштабах; (3) запропонує дослідникам від усіх дисциплін відкритий безпосередній доступ до передових цифрових можливостей, ресурсів та експертиз, які потрібні для співробітництва та розвитку науки з інтенсивною обробкою даних та обчислень; (4) залучить дослідників до управління, координації та збереження ресурсів з урахуванням інтересів кожного; (5) забезпечить використання державних і приватних інвестицій, що вклалися протягом останніх двох десятиліть в *e*-інфраструктуру, для забезпечення переваг наукових досліджень та інновацій [350]. Рада ЄС прийняла також низку рішень щодо цілеспрямованого впливу з метою цифрової трансформації європейської промисловості і заохочення розвитку цифрового підприємництва [351].

У рамках ЄДП також реалізується концепція Відкритих інновацій, зокрема у формі Європейських технологічних платформ (ЄТП) у пріоритетних напрямках інноваційної діяльності, а саме: біоекономіка (7 платформ); енергетика (8); навколишнє середовище (1); ІКТ (9); виробництво і процеси (8); транспорт (5) [342]. В той же час для реалізації і впровадження конвергентних технологій або, як їх європейці називають, «наскрізних» (*cross-cutting*) технологій виокремлено три «ініціативи» (*Cross-cutting ETP Initiatives*), а саме:

NANO*futures* initiative; ETPIS (the Cross-ETP Initiative on Industrial Safety); ConХЕРТ (Consumer Goods Cross-ETP).

У табл. М.3 Додатка М наведено основні параметри трьох ініціатив з розвитку «наскрізних» технологій в Європейському Союзі до 2020 р. [342].

Так, NANO*futures* є платформою технологічної інтеграції та інновацій, мультисекторною, наскрізною, інтеграційною платформою, яка має за мету підключення та встановлення співпраці, а також представлення технологічних платформ, які потребують нанотехнологій для свого виробництва і продукції. ConХЕРТ враховує потреби і бажання споживачів, сприяючи розвитку інноваційних продуктів і послуг, що випливають з нових матеріалів і технологій, систем виробництва і виробничо-збутових ланцюжків, бізнес-моделей і творчості. ETPIS спрямована на забезпечення безпеки устаткування і систем виробництва галузей промисловості: виробництва (хімічної, нафто-газопереробної, фармацевтичної галузей), будівель, транспортних систем.

При цьому виконання на базі ConХЕРТ робочої програми H2020 LEIT ІКТ на 2016–2017 рр. включає великомасштабні пілотні проекти зі створення інтернету речей, зокрема: (1) інтелектуальні середовища проживання для гідної старості; (2) «розумне» сільське господарство і продовольча безпека; (3) предмети одягу для «розумних» екосистем; (4) еталонні зони в містах ЄС; (5) автономні транспортні засоби в підключеному до Інтернет середовищі; (6) управління водними ресурсами для «еластичних» (розумних) міст [342].

Пріоритетами «Горизонт 2020» також передбачено окрему Програму наскрізних заходів або зон фокусування (Cross-cutting activities (focus areas)). У табл. 5.2 наведено основні пріоритети Програми наскрізних заходів «Горизонт 2020» [352; 353].

Таблиця 5.2

Основні пріоритети Програми наскрізних заходів або зон фокусування (Cross-cutting activities (focus areas)) Горизонт 2020

Пріоритет	Характеристики
1	2
Промисловість 2020 на основі рециркуляційної економіки (Industry 2020 in the Circular Economy)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Стимулювання економічного зростання й оновлення виробничих потужностей Європи в умовах обмежених ресурсів продемонструє економічну та екологічну доцільність підходу замкненої (рециркуляційної) економіки і надасть потужний імпульс реіндустріалізації ЄС; ▪ від'єднання створення добробуту, робочих місць від споживання ресурсів у рециркуляційній економіці, а також зведення відходів до мінімуму. Промислова сторона цього виклику заснована на договірних державно-приватних партнерствах (сPPPs)

Закінчення табл. 5.2

1	2
	на «Фабриках майбутнього» (Factories of the Future, FoF) і «Виробництвах на основі усталеного розвитку» (Sustainable Process Industries, SPIRE), з сильним акцентом на промислових пілотних лініях з використанням нанотехнологій і передових матеріалів. У фабриках майбутнього cPPPs допомагає виробництву ЄС адаптуватися до глобального конкурентного тиску і задоволення зростаючого глобального споживчого попиту на більш екологічну і більш високоякісну продукцію. Так, державно-приватним партнерством в усталеному виробництві за рахунок ресурсів та енергоефективності (Sustainable Process Industries through Resource and Energy Efficiency, SPIRE PPP) розглядаються промислові сектори з високою залежністю від енергії, сировини і води
Інтернет речей (Internet of Things)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підтримка поєднання різних технологій, таких як Інтернет, компоненти, великі дані, хмари або сучасний комп'ютинг та їхню інтеграцію в інноваційних варіантах для вирішення основних соціальних проблем; ▪ створення великих можливостей для інновацій, що буде сприяти розвитку нових ринків і галузей і забезпечить більший вплив ЄС
Розумні міста, що усталено розвиваються (Smart and Sustainable Cities)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Об'єднання міста, промисловості і громадян, щоб продемонструвати можливості розробки і тиражування найбільш успішних рішень для розумних і стійких міст в Європі; ▪ фокусування на створенні міських просторів, що використовують безпечну, доступну та екологічно чисту енергію, за допомогою смарт-електро-мобільності та демонстрації ефективних, інноваційних, заснованих на принципах природи рішень

Джерело: сформовано на основі [352; 353]

Основними пріоритетами Програми наскрізних заходів є такі: (1) «промисловість 2020» на основі рециркуляційної економіки; (2) інтернет речей; (3) розумні міста, що усталено розвиваються.

У табл. М.4 Додатка М наведено основні знакові події, що сприяли розбудові Європейського дослідницького простору за 2015–2016 рр. [354].

Так, у травні 2015 р. на Форумі ЄС представники ЄДП обговорювали широкі питання щодо нового старту Європи у сфері інновацій, зміцнення мереж і взаємодії з широкою європейською інноваційною спільнотою, а також визначили такі пріоритети: (1) сприяння розвитку першої хвилі створення Європейського співтовариства знань і інновацій (Knowledge and Innovation Communities, KIC), а саме таких співтовариств, як: кліматичного (Climat-KIC), цифрового (EIT Digital) і нової енергетики (KIC InnoEnergy); (2) створення п'яти нових KIC, зокрема: становлення з 2014 р. співтовариств здоров'я (EIT Health) і сировинних матеріалів (EIT Raw Materials), створення у 2016 р.

співтовариств харчування (EIT Food) і виробництва (EIT Manufacturing), а також до 2018 р. – співтовариства міської мобільності (EIT Urban Mobility); (3) спільне використання і поширення найкращих практик EIT [355].

Також у травні 2015 р. на засіданні Ради з конкурентоспроможності ЄС було прийнято Дорожню карту ЄДП 2015–2020 із завданням імплементувати її на національних рівнях країн-членів та асоційованих країн до кінця 2015 р. (потім було подовжено до квітня 2016 р.) [356]. ЄС вважає національні дорожні карти ЄДП головним елементом для проведення реформ національних систем досліджень, які мають вплинути на загальний рівень досліджень в ЄС у його конкуренції зі США та Китаєм. Саме в цьому документі наведено План реформування науково-інноваційної сфери ЄС у вигляді 9 пріоритетів розвитку системи досліджень та умов її використання для інновацій, що наведено в табл. М.5 Додатка М [356].

У червні 2015 р. на конференції «Новий старт Європи: Відкриття «ЕРІ інновацій» (ERA of Innovation) було прийнято кілька важливих рішень: (1) декларована побудова ЄДП, перехід до імплементатції на національних рівнях та етапу використання ЄДП для інновацій; (2) остаточно сформульовані пріоритети використання ЄДП через три «В» (Відкрита наука [357], Відкриті інновації, Відкритість до світу); (3) прийнято першу концепцію побудови Європейської хмари відкритої науки (The science cloud) до березня 2016 р.; (4) запропоновані також нові види діяльності: (а) створення Європейського фонду для інвестицій в нову генерацію великих європейських інноваційних компаній, (б) запровадження Знаку якості для заявників, які оцінюються на відмінно, але не можуть отримати фінансування від програми Горизонт 2020, а тому їм буде надано допомогу в доступі до Структурних фондів; (в) створення Європейської інноваційної ради (для підтримки передового досвіду в галузі інновацій на зразок до Європейської дослідницької ради з підтримки досліджень); (г) запровадження Європейської ініціативи цілісності досліджень, яка включає концепції Наука 2.0, Відкриті інновації 2.0, Освіта 2.0 [358; 359].

У грудні 2015 р. в оновленій Лундській декларації (яка раніше лягла в основу Горизонту 2020) було закріплено чотири пріоритети при вирішенні глобальних соціальних проблем, які надають можливість науці асоційованих країн (в тому числі й України) приєднатися до всіх європейських дорожніх карт без виїзду з країни, а саме: відкрита наука та відкриті інновації для вирішення соціальних проблем через вирівнювання, прикордонні дослідження та дослідницькі інфраструктури, глобальна кооперація та вплив на вирішення соціальних проблем для кінцевого споживача. На основі цих документів у січні 2016 р. було прийнято Робочу програму з розвитку ЄДП на 2016–2017 рр. (ERAC

Work Program 2016–2017), в якій чітко сформульовано систему пріоритетів на наднаціональному і національних рівнях з розвитку науки і інновацій (R & I) і поставлені завдання: (1) надати стратегічні рекомендації на ранній стадії при розробці політики в області науки та інновацій; (2) розглянути вплив інших політик на R & I порядку денного і надати рекомендації щодо відповідних дій; (3) проводити консультування з питань здійснення політики в області R & I і запропонувати заходи для підтримки цієї політики [360].

27–28 травня 2016 р. відбулась Міністерська конференція ЄС у рамках проведення чергового засідання Ради з конкурентоспроможності ЄС, на якій, зокрема, була досягнуто такі фінальні домовленості [361]:

- I) за напрямом «Внутрішній ринок – Промисловість – Космічна політика»: (1) єдиний цифровий ринок, в тому числі: (а) узгоджено основні принципи онлайн-забезпечення контент-послуг на внутрішньому ринку; (б) прийнято висновки щодо розвитку технологій єдиного цифрового ринку і модернізації комунальних послуг; (в) обговорено вплив оцифрування на продуктивність сектора послуг з вивчення конкурентоспроможності; (г) обговорено шляхи поліпшення використання космічних даних з європейських космічних програм для створення і зростання робочих місць; (2) поліпшення регулювання конкурентоспроможності з метою гарантування одержання майбутньої вигоди від інноваційно сприятливого середовища;
- II) за напрямом «Дослідження та Інновації»: (1) після обговорення можливостей відкритої науки прийнято висновки про перехід до відкритої системи науки; (2) прийнято висновки щодо результатів виконання 7-ї рамкової програми наукових досліджень (FP7) і майбутніх перспектив створення дружнього нормативного середовища для наукових досліджень та інновацій.

Крім того, на цій міністерській конференції було підкреслено важливість дослідницьких інфраструктур для функціонування ЄДП та розбудови інноваційної й конкурентоспроможної Європи, а також затверджено загальну Дорожню карту ЄДП 2015–2020 (Strategy Report and Roadmap Update 2016), розроблену Форумом з Європейської стратегії розвитку науково-дослідницької інфраструктури (European Strategy Forum on Research Infrastructures, ESFRI). Дорожня карта має за мету спростити кроки і зміцнити зусилля, що вже зроблені державами-членами, та забезпечити: (1) спільне розуміння стратегічних цілей на наступні роки; (2) набір інструментів і кращих практик, що можуть підтримати інноваційний розвиток держав-членів; (3) впровадження націо-

нальних політик шляхом, що відповідає їх власним особливостям і пріоритетам [356].

На конференції також було підтримано заяву Комітету ЄДП (ERA) щодо прийняття до уваги державами-членами процедури імплементації ERA та її наслідків при розробці національних стратегій, зокрема [362–365]: (1) використання міжнародної експертної оцінки при проведенні конкурсів проєктів; (2) схвалення зусиль ESFRI з подальшого визначення пріоритетності проєктів розвитку інфраструктури досліджень у рамках Дорожньої карти ЄДП; (3) необхідність узгодження національних стратегій і програм досліджень з поточними дослідницькими завданнями, розробленими в Joint Programming Initiatives (JPI), для вирішення головних соціальних проблем; (4) поліпшення функціональної сумісності між національними програмами, зняття бар'єрів для міжнаціонального співробітництва та обміну інформації щодо дій у пріоритетних галузях; (5) спонукання держав-членів до розробки та оновлення національних Дорожніх карт для дослідницьких інфраструктур, сумісних із процесом картування ESFRI, а також забезпечення належного їх фінансування; (6) більш широке просування впровадження інноваційних навчальних програм підготовки PhD, включаючи використання Європейських структурного та інвестиційного фондів; (7) використання відкритих, прозорих систем залучення дослідників, які засновані на їх професійних якостях; (8) сприяння мобільності дослідників через різні сектори економіки, зокрема між академією та галуззю; (9) нарощування зусиль щодо реалізації гендерної рівності та вирішення гендерних проблем у науково-інноваційній політиці та дослідницьких програмах; (10) підтримка відкритого доступу до наукових публікацій та цих досліджень, які враховують всі інтереси відповідних сторін; (11) активізація співпраці між ESFRI та іншими зацікавленими сторонами для координації національних інвестиційних стратегій у галузі електронної інфраструктури та науково-дослідної інфраструктури, які стають все більш взаємозалежними; (12) необхідність продовження підтримки розвитку ERIC-консорціумів (European Research Infrastructure Consortium, ERIC), нормативно-правова база існування яких набула чинності 28 серпня 2009 р., для полегшення спільного створення і функціонування європейської науково-дослідної інфраструктури [365]; (13) забезпечення довгострокової стійкості дослідницьких інфраструктур; (14) підготовка і реалізація Хартії доступу до дослідницьких інфраструктур (Charter for Access to Research Infrastructures) як відкритого наукового інструменту.

Таким чином, провідні країни – технологічні лідери визнають, що Відкрита наука ламає бар'єри навколо університетів і гарантує, що суспільство зможе

одержати максимально можливі вигоди з усіх наукових знань, а також максимально збільшує внесок дослідників, університетів і наукових установ.

5.2. Мережі розвитку конвергентних технологій в Україні як складова національного дослідницького простору

В Україні багато років обговорюються питання створення власної національної інноваційної системи, формування інноваційних кластерів, проблем трансферу технологій і функціонування наукових та індустріальних парків, можливих шляхів відтворення технопарків, спеціальних (вільних) економічних зон і спеціальних режимів інвестиційної діяльності з метою розбудови власної системи підтримки науково-інноваційної діяльності. Автор також присвятив певну кількість власних досліджень вказаним проблемам [366–397].

В той же час підписана у 2014 р. Угода про асоціацію України з ЄС (часткове застосування поглибленої і всеосяжної зони вільної торгівлі (ПВЗВТ) вступило в силу починаючи з 01.01.2016 р.) зробила для України реальністю максимальне використання розширеної зони вільної торгівлі для економічного та науково-технічного розвитку країни [398; 399]. Так, згідно з цією Угодою: (1) ст. 374 свідчить, що наукове та технологічне співробітництво, спрямоване на посилення наукового потенціалу для вирішення національних і глобальних викликів, відповідає інтересам обох сторін; (2) ст. 375 п. 1 допомагає узгодженню політики і права у сфері науки технологій; (3) ст. 75 пп. 2 та 3 кажуть, що інтеграція в Європейський дослідницький простір сприяє реформуванню та реорганізації системи управління науковою сферою і дослідницьких інституцій на основі співробітництва і конкуренції між дослідниками як на національному, так і на міжнародному рівні, сприяє розвитку конкурентоспроможної економіки і суспільства, заснованого на знаннях.

При цьому під час підготовки як Стратегії України 2020 – «Європейські стандарти життя і гідне місце України в світі», затвердженої Указом Президента України від 12.01.2015 № 5/2015 [400], так і Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385 [401], були максимально враховані як положення Угоди про асоціацію, так і Стратегії Європа 2020 (в якій ставиться за пріоритет розумне, стійке та спільне зростання суспільства, заснованого на знаннях).

Згідно з рекомендаціями парламентських слухань, затверджених Постановою Верховної Ради України «Про стан та законодавче забезпечення розвитку науки та науково-технічної сфери держави» від 11.02.2015 № 182-VIII, було поставлено одним із пріоритетних завдань винести на розгляд Верховної

Ради України законодавчі пропозиції щодо змін до законів України у сфері наукової та науково-технічної діяльності, в яких передбачити: (1) удосконалення системи визначення пріоритетних напрямів розвитку науки та техніки, механізмів їх реалізації та мобілізації фінансових і матеріально-технічних ресурсів на забезпечення поставлених цілей; (2) запровадження з урахуванням досвіду країн – світових лідерів довгострокового планування діяльності у науково-технічній сфері шляхом ухвалення Верховною Радою України стратегії інноваційного розвитку, узгодженої із входженням до Європейського дослідницького простору, та затвердження Кабінетом Міністрів України планів розвитку наукової, науково-технічної, інноваційної діяльності на середньострокову перспективу [402].

Як наслідок, Законом України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 № 848-VIII [403] було вказано таке:

- I) у ст. 45 до основних цілей державної політики у сфері наукової і науково-технічної діяльності віднесено, зокрема: (1) забезпечення наукового обґрунтування визначення стратегічних завдань розвитку економіки та суспільства; (2) досягнення високого рівня розвитку науки і техніки; (3) інтеграція вітчизняного сектора наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок у світовий науковий та Європейський дослідницький простір;
- II) у ст. 66 щодо державної підтримки міжнародного наукового та науково-технічного співробітництва у частині 4 вказано, що «держава забезпечує інтеграцію національного дослідницького простору до Європейського дослідницького простору шляхом реалізації його пріоритетів, зокрема: (1) підвищення ефективності національної дослідницької системи; (2) оптимізації міжнародної співпраці задля вирішення глобальних викликів, що стоять перед людством; (3) забезпечення участі у рамкових і спільних міжнародних програмах Європейського Союзу; 4) узгодження стратегії створення державних дослідницьких інфраструктур з дорожньою картою Європейських дослідницьких інфраструктур; (5) створення сприятливих умов для мобільності вчених; (6) забезпечення гендерної рівності; (7) повноцінного обміну, передачі та доступу до наукових знань».

У вказаному Законі визначено основні цілі та функції таких елементів української науково-інноваційної інфраструктури, як: Центри колективного користування науковим обладнанням; Національний науковий центр; Державна ключова лабораторія; Державний реєстр наукових об'єктів, що становлять національне надбання; Національна академія наук України; Наукова

і науково-технічна діяльність у системі вищої освіти; Національна рада України з питань розвитку науки і технологій, а також її Науковий та Адміністративний комітети; Ідентифікаційний комітет з питань науки; Громадські наукові організації; Рада молодих вчених; Регіональні наукові центри, а також розглянуто питання залучення учнівської молоді до наукової і науково-технічної діяльності через систему спеціалізованих загальноосвітніх і позашкільних навчальних закладів, зокрема, наукових ліцеїв і наукових ліцеїв-інтернатів, Малу академію наук України або інші подібні установи позашкільної освіти.

На жаль, до 22 квітня 2016 р. Україна так і не надала до засідання комітету ERAC свої пропозиції щодо Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020, що є прямим порушенням нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність», а також відповідних положень Угоди про асоціацію України з ЄС [404]. Як наслідок, формування і початок функціонування ЄДП буде відбуватися поки що без України. Хоча ще у березні 2016 р. на сайті ERA-Ukraine українськими фахівцями було запропоновано один із проектів структури Дорожньої карти ЄДП в Україні [405], а також можливий перелік пріоритетів і заходів з реалізації Дорожньої карти ЄДП в Україні, наведений у табл. М.6 Додатка М [406].

На думку автора, узагальнюючи пропозиції фахівців, до переліку першочергових заходів та європейських організацій-партнерів для реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 в Україні слід включити [405–408]:

- 1) створення і надання послуг *Ідентифікаційного комітету*, до складу якого входять авторитетні іноземні вчені, що вже мають досвід у роботі подібних ідентифікаційних комітетів під час обрання членів Європейської дослідницької ради, а також авторитетні українські вчені зі світовим визнанням для *відбору членів Наукового комітету Національної ради з науки, техніки та інновацій України*. Прозора робота цього комітету є необхідним елементом відбору найкращих учених України для запобігання конфлікту інтересів при обранні майбутнього найавторитетнішого органу;
- 2) запровадження *Європейських стандартів експертизи проектів*, що включають використання різних фінансових інструментів від короткотермінових (на рік) конкурсів для індивідуальних учених до експертної оцінки довготермінових проектів дослідницьких інфраструктур та центрів передового досвіду, з метою створення одного з суттєвих елементів підвищення ефективності української національної дослідницької системи. Для цього необхідне тісне співробітництво з European Science Foundation (ESF);

- 3) організація міжнародної експертизи (бази експертів) та експертної процедури з оцінки якості досліджень у різних інституціях (науково-дослідних організаціях, вищих навчальних закладах) на основі досвіду проведення таких оцінювань, наприклад, англійської команди з оцінювання якості досліджень в університетах REF-2014 та німецької системи оцінювання наукових інститутів – Товариства Лейбніца, Товариства Макса Планка разом з ESF, що дозволить убезпечити прояви конфлікту інтересів;
- 4) запровадження дослідницьких університетів європейського типу як складової мережі європейських дослідницьких університетів і як елементу розвитку ЄДП в Україні. При цьому доцільне співробітництво з Лігою європейських дослідницьких університетів (LERI), що мають найкращий досвід світового рівня;
- 5) організація системи роботи Національного дослідницького фонду як важливого інструменту з підтримки національного дослідницького простору в Україні та його інтеграції до ЄДП. Для цього на етапі становлення Фонду доцільне співробітництво з Science Europe та організаціями, які фінансують наукові дослідження в ЄС, що дозволить найкращим чином вирівнювати процедури фінансування між країнами;
- 6) для розвитку міждисциплінарних досліджень (перш за все у галузі конвергентних технологій), кооперації на міжнародному рівні, забезпечення фахової експертизи вищого рівня і взагалі інтеграції до ЄДП необхідна участь представників органів влади України, що фінансують дослідження, а також наукових експертів в групах, що мають відношення до ЄДП, а саме: (1) European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI), e-Infrastructure Relection Group (e-IRG) та комітети з супроводження ERIC; (2) міждержавних експертних робочих групах з імплементації різноманітних організаційних форм і розробки дорожніх карт дослідницьких інфраструктур і центрів передового досвіду з урахуванням Стратегії розумної спеціалізації;
- 7) узгодження встановлених законом України пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку, на основі яких розробляються Державні цільові науково-технічні програми, а також узгодження цих ДЦНТП з аналогічними програмами інших держав ЄС дозволить підвищити результативність їх виконання та корисний ефект при спільному використанні результатів. Для цього необхідне узгодження бачення програм та вирівнювання процедур з їх оцінки в рамках комітету GPC;

- 8) зняття перешкод із залучення до *вільного ринку дослідників*, запровадження кодексів із найму фахівців, страхового пенсійного забезпечення для мобільних учених стане можливим за умови участі України в групі Steering Group on Human Resources and Mobility (SGHRM);
- 9) запровадження *індикаторів оцінки участі України в ЄДП*, співпраця з системою моніторингу результатів інтеграції в ЄДП можливі тільки за *участі України в комітеті ЄДП (ERAC)*.

При цьому для реалізації Українського дослідницького простору (УНДП) Кабінету Міністрів, Міністерству освіти і науки, а також Національній академії наук України (НАН України) буде доцільним зробити таке [404; 407; 408]: (1) скласти план формування УНДП, який може частинами і в цілому інтегруватися в ЄДП; (2) узгодити дії НАН України з Національною академією медичних наук (НАМН) і Національною академією аграрних наук (НААН), а також громадськими науковими організаціями щодо спільних заходів із розробки Стратегії розумної спеціалізації регіонів України та інтеграції до ЄДП через імплементацію Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (3) розробити механізм реалізації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 для інноваційного розвитку через: (а) Відкриту науку; (б) Відкриті інновації; (в) Стратегію розумної спеціалізації; (г) підтримку з боку ЄС через технічну допомогу з реалізації узгоджених з ЄДП національних пріоритетів; (4) створити Раду ЄС – Україна з питань реформування науки та інноваційної системи України із залученням основних діючих осіб ЄДП та УНДП для поетапного супроводу реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (5) провести Форум з презентації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 за участю основних діючих осіб ЄДП та УНДП, в тому числі ESFRI, ERIC-консорціумів та Європейського інституту інновацій та технологій.

На рис. 5.1 наведено авторське бачення схеми узгодження Дорожньої карти ЄДП 2020 і Дорожньої карти з реалізації УНДП з урахуванням імплементації ЄДП в Україні до 2020 р.

На рис. 5.1 чітко вказані ті органи управління УНДП і науково-дослідницької інфраструктури, які необхідно створити під час реалізації української Дорожньої карти, а саме: (1) Національну раду з питань науки і технологій (НРПНТ); (2) Науковий комітет НРПНТ як основу координаційного комітету УНДП; (3) Національний фонд досліджень; (4) Базові елементи науково-дослідницької інфраструктури, в тому числі: (а) національну мережу Центрів передового досвіду; (б) національні дослідницькі інфраструктури як

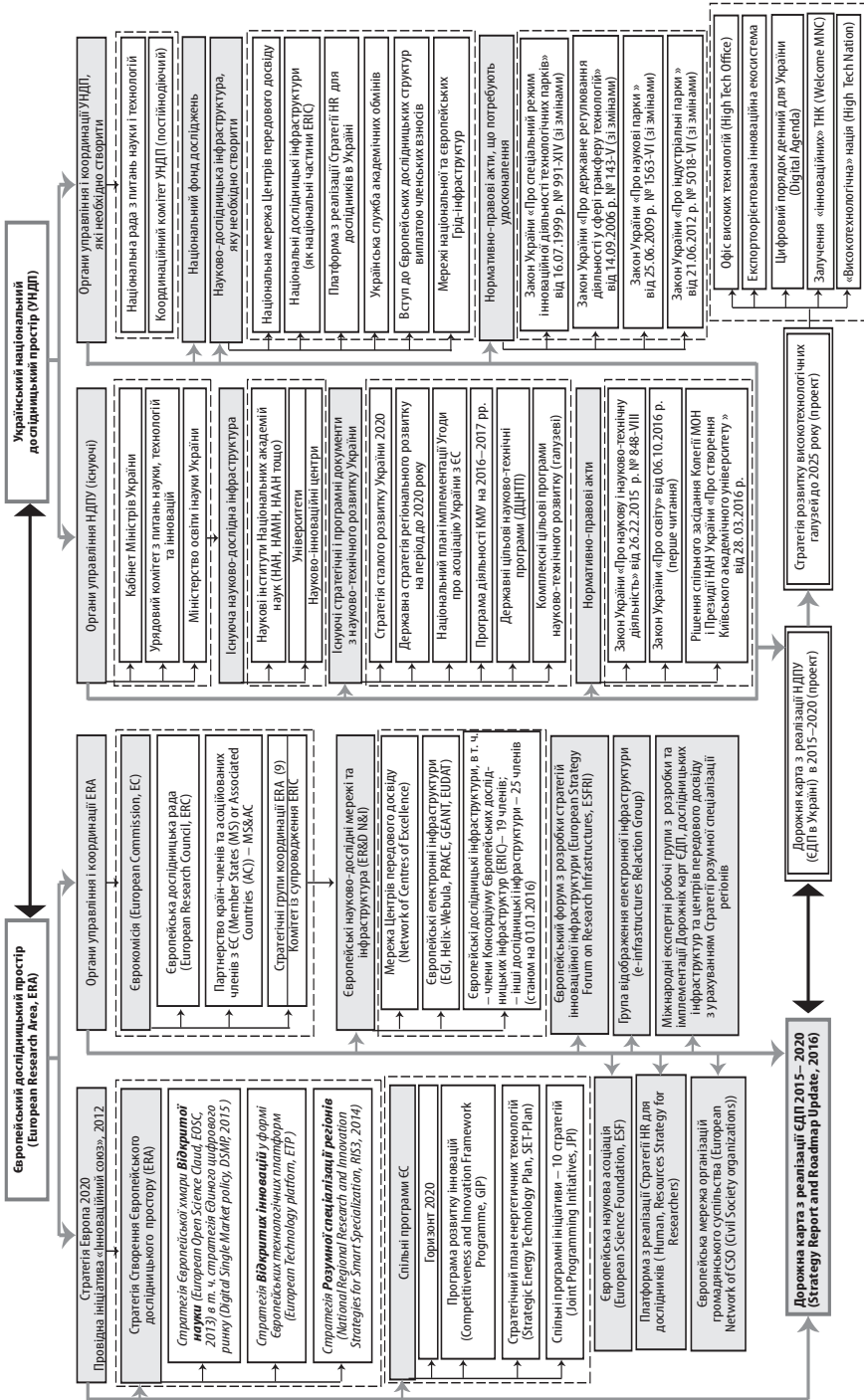


Рис. 5.1. Обґрунтування механізму державної підтримки розвитку науково-інноваційної діяльності в Україні

Джерело: сформовано автором

українські частини консорціуму ERIC, а також вступ до інших європейських дослідницьких структур з виплатою членських внесків; (в) мережі взаємодії національної та європейської грид-інфраструктури; (г) платформи з реалізації Стратегії HR для дослідників в Україні; (д) українську службу академічних обмінів та інші.

Так, першим кроком у формування УНДП стало перше засідання у другій декаді жовтня 2016 р. Ідентифікаційного комітету з науки, головним завданням якого є формування персонального складу Наукового комітету НРПНТ. До Ідентифікаційного комітету увійшли дев'ять авторитетних українських і зарубіжних вчених, зокрема: член Нобелівського комітету з фізики Матс Ларсон (Швеція), професори Карл Бінакер (Нідерланди), Бертран Халперін (США), Джорж Гамота (США), Олег Лаврентович (США), Максим Стріха (Україна), Валерій Гусинін (Україна) та інші. Головою Ідентифікаційного комітету з науки обрано Сергія Рябченка (Україна). Під час цього засідання обговорювалися: (1) вимоги до кандидатів у члени Наукового комітету НРПНТ; (2) Положення про конкурс щодо обрання цих членів, в якому закладені механізми участі громадськості вже на етапі відбору кандидатів у члени (надання зворотного зв'язку по кандидатурах та експертної допомоги за потреби). Положення про конкурс щодо обрання членів Наукового комітету НРПНТ буде затверджуватися Кабінетом Міністрів України.

У табл. 5.3 наведено основні очікувані результати від імплементації ЄДП в Україні.

Таблиця 5.3

Основні очікувані результати від імплементації ЄДП в Україні

Заходи з імплементації	Очікувані результати
1	2
Поглиблена інтеграція України до ЄДП	Надасть можливість використання людського капіталу України для створення Центрів Передового Досвіду (Centres of Excellence) з використанням ресурсів європейських дослідницьких інфраструктур за допомогою електронних засобів цифрової науки. Україна має необхідну кількість висококваліфікованих кадрів ІТ-індустрії високого рівня, а входження їх до європейських дослідницьких інфраструктур дозволить вирішити проблему недостатнього фінансування наукових досліджень
Створення і узгодження національних Дорожніх карт з чіткими термінами впровадження	Стимулюватиме запровадження європейських стандартів і процедур експертної оцінки довготермінових проектів, які включають дослідницькі інфраструктури, центри передового досвіду, а також процедури оцінювання наукових інституцій. Узгодження з Єврокомісією та європейськими організаціями, які підтримують ЄДП, а також проведення міжнародного відбору членів Ідентифікаційного комітету та експертних комісій з оцінювання наукових інституцій дозволить цивілізовано вирішити

Закінчення табл. 5.3

1	2
	<p>можливий конфлікт інтересів між українськими вченими й органами державного управління.</p> <p>Експерти з оцінювання наукових інституцій повинні будуть відповісти на три групи питань:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ що відбувається сьогодні з українською науковою системою взагалі; ▪ наскільки ефективні чинні механізми, які потрібно вдосконалити; ▪ як удосконалити процес оцінювання результатів, проведення конкурсів
Розробка і застосування платформи Стратегії розумної спеціалізації	Дозволить створити Центри інноваційного розвитку у всіх регіонах України і розкрити потенціал українських учених (в тому числі в депресивних і старопромислових регіонах). Вхідження українських учених в ЄДП дозволить створити потенціал для реалізації конвергентних передових технологій в науці і виробництві, сприяти ефективному трансферу знань між державними та приватними структурами

Джерело: сформовано автором

Таким чином, можна зробити висновок, що сьогодні Україна має вкрай незначний досвід зі створення національних дослідницьких інфраструктур, зокрема Український національний Grid, а також центрів передового досвіду – Державна ключова лабораторія молекулярної і клітинної біології. В той же час для трансформації української науки згідно із сучасними викликами та її повноцінної інтеграції до Європейського дослідницького простору необхідна нова консолідуюча й організуюча роль держави і наукових інституцій на основі тісної взаємодії з ЄС у частині розробки спільної стратегії розвитку науки й інноваційної сфери в Україні.

Перші паростки нової організації управління наукою та інноваціями в Україні вже почали з'являтися у вигляді інноваційних екосистем, насамперед віртуальних інноваційних екосистем. Так, прикладом сучасної інноваційної екосистеми в Україні стала створена у 2014 р. інноваційна екосистема Sikorsky Challenge – середовище, підтримуване Національним технічним університетом «Київський політехнічний інститут» та науковим парком «Київська політехніка», в якому відбувається повне технологічне коло – від пошуку ідеї нового бізнесу до залучення інвестицій та створення стартап-компаній, а також до складу якого входять: Стартап Школа «Sikorsky Challenge»; Фестиваль інноваційних проєктів «Sikorsky Challenge»; Бізнес-інкубатор «Sikorsky Challenge»; Інноваційне технологічне середовище «Sikorsky Lab»; Центр інтелектуальної власності; Венчурний фонд «Sikorsky Challenge» [409]. Основними завданнями цієї екосистеми є: (1) залучення та відбір креативних, бажаючих займатися інноваційним підприємництвом людей із числа винахідників,

учених, аспірантів і студентів КПІ, інших університетів, науково-дослідних інститутів, а також представників бізнесу; (2) навчання відібраних учасників інноваційному підприємництву і створення у них мотивації для формування своїх технологічних ідей; вирощування бізнес-ідей, надання допомоги учасникам у розробці проектів і створенні прототипів бізнес-продуктів; (3) пошук інвесторів / бізнес-ангелів для інвестування в перспективні проекти (перший і другий раунд інвестицій); (4) відбір кращих стартап-проектів за участю тренерів, експертів фондів, інвесторів, бізнес-ангелів; організація та проведення конкурсу інноваційних бізнес-проектів Фестивалю «Sikorsky Challenge»; (5) допомога учасникам – авторам ідей в «заточуванні» відібраних стартап-проектів під зацікавлених інвесторів; (6) участь у відкритті та запуску стартап-компаній; (7) допомога та підтримка захисту прав інтелектуальної власності (оформлення авторських прав, патентів, ліцензій); (8) забезпечення юридичного, організаційного, бухгалтерського супроводу стартап-компанії до другого раунду інвестицій; (9) допомога у виведенні стартап-компанії на міжнародний рівень. Віртуальний простір екосистеми реалізує бізнес-модель B2C, а реалізована модель взаємовідносин учасників – проект. Віртуальний простір екосистеми підтримує виконання проектів з різними цілями і забезпечує необхідну комплектацію команди проекту та взаємодію із зацікавленими сторонами (stakeholders).

Крім того, ще з 2006 р. відповідно до діючих європейських технологічних платформ (ЄТП) та за ініціативою групи вчених і за підтримки національного інформаційного пункту (НІП) Рамкових програм науково-технічних досліджень ЄС в Україні було розпочато розробку пропозицій створення національних технологічних платформ (НТП) України [333; 410–417], так і у конкретних галузях, в тому числі у біоенергетиці [417], агропродовольчій сфері [418], технологіях виробництва передових матеріалів [419] та енергетичного машинобудування [333, с. 232]. В той же час більш-менш організованої форми набула сьогодні тільки одна українська НТП – у 2012 р. на робочому засіданні голів кластерів була запропонована, обговорена та узгоджена остаточно структура НТП «Агропродовольча» [418], прототипом якої є ЄТП «Їжа для життя». Інші НТП знаходяться все ще у стадії обговорення і формування.

У травні 2016 р., розуміючи необхідність реформування системи управління високотехнологічними галузями держави та модернізації науково-дослідницької та інноваційної інфраструктури, Департамент розвитку інновацій та інтелектуальної власності Міністерства економічного розвитку

і торгівлі Україні підготував і опублікував для обговорення Проект «Стратегії розвитку високотехнологічних галузей до 2025 року» [420], в якому частково враховані пропозиції з імплементації в Україні основних положень Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 рр. Вказаний проект Стратегії спрямований на формування усіх необхідних компонентів інноваційної екосистеми, але має ще багато неузгоджених положень і потребує досконального доопрацювання.

У табл. М.7 Додатка М наведено основні компоненти інноваційної екосистеми України та їх основні функції, а у табл. М.8 Додатка М – основні пропозиції щодо п'яти програм, які в сукупності дозволяють досягти мети Стратегії розвитку високотехнологічних галузей до 2025 року та створюють передумови для інноваційного розвитку економіки [420].

Стратегія включає до себе п'ять програм, що в сукупності дозволяють досягти мети Стратегії та створюють передумови для інноваційного розвитку економіки: (1) Офіс Високих Технологій (High Tech Office) як інструмент підтримки інноваційних проектів; (2) Розвиток експортоорієнтованої інноваційної екосистеми; (3) Цифровий порядок денний для України (Digital Agenda) – цифровий порядок денний для України; (4) «Залучення» інноваційних ТНК (Welcome MNC) – програма заохочення та залучення світових високотехнологічних лідерів до розвитку виробництва, проведення наукових досліджень та створення робочих місць в Україні; (5) «Високотехнологічна» нація (High Tech Nation) – програма популяризації високих технологій, науки і техніки для населення України, насамперед серед молоді.

В той же час, як свідчить досвід провідних країн світу, основою мережових структур, що займаються великомасштабними міждисциплінарними дослідженнями (в тому числі у галузі конвергентних технологій) та подальшою комерціалізацією їх результатів відповідно до обраних і погоджених суспільством напрямів розвитку науки і технологій, є науково-освітні центри та дослідницькі університети.

5.3. Основні елементи мережових структур підтримки розвитку конвергентних технологій

Науково-освітні центри (НОЦ) – структурні підрозділи (або сукупність структурних підрозділів) наукової, науково-виробничої організації або університету, які проводять дослідження з інноваційного (насамперед міждисциплінарного) напрямку, підготовку кваліфікованих кадрів в області конвергентних технологій, а також використовують результати наукових досліджень

в освітньому процесі [393]. Характеристики НОЦ наведені у табл. М.9 Додатка М [10, с. 273–275].

Розвинуті НОЦ, як правило, є елементами інтегрованого комплексу: (1) горизонтальної мережі (що «стягує» НОЦ навколо цільових науково-технічних програм) – консорціумів, децентралізованих національних мереж, партнерств, асоціацій; (2) вертикально інтегрованої структури (що «концентрує» НОЦ навколо технологічного ланцюжка: дослідження – розробка – виробництво – реалізація – використання продукції) – продуктових кластерів; (3) науково-виробничої оболонки – наукових парків, технопарків, бізнес-інкубаторів тощо.

Стратегія розвитку наукової та освітньої діяльності в області конвергентних технологій (наприклад, у сфері нанотехнологій і наноматеріалів) може бути описана п'ятьма структурними моделями: кластерною, мережевою, кластерно-мережевою, точковою і осередковою. Основні характеристики структурних моделей НОЦ, які визначаються масштабами і характером спеціалізації НОЦ, наведені у табл. М.10 Додатка М [10, с. 276–277].

Найбільш сучасною є кластерно-мережева модель, яка являє собою синергію двох моделей – кластерної і мережевої. З одного боку, вона представлена кластерними утвореннями з повним циклом НДДКР, а також університетською освітою і циклом впровадження цілої гами продуктів конвергентних технологій, а з іншого – доповнюється можливостями спільних лабораторних комплексів, спільною інфраструктурою і спеціалізованими комплексами з розробки конвергентних технологій, орієнтованими на вирішення вузьких прикладних задач. Тобто вказана модель є мережею кластерів з широким спектром спеціалізацій, як і забезпечують вирішення масштабних задач міждисциплінарного розвитку [393].

Наприклад, сьогодні у США найбільшими кластерами конвергентних технологій (перш за все ІКТ), є «Силіконова долина» (штат Каліфорнія) і нокластер в м. Олбані (штат Нью-Йорк), також реалізуються кластерні ініціативи у штатах Арізона, Алабама, Коннектикут, Орегон, Північна Кароліна, Південна Кароліна, Вашингтон і Вісконсін.

Сьогодні «Силіконова долина» – це ареал концентрації високотехнологічних компаній навколо Стенфордського університету, що створює потужний науково-виробничий регіональний кластер переважно в ІТ-галузі і має розвинену інфраструктуру, мережу доріг, електростанцій, оптиковолоконних мереж для надшвидкого підключення до Інтернету. Цей кластер має такі важливі характеристики: (1) ініціативна роль великого національного універси-

тету (Стенфордського), що створив спеціалізовані інноваційні центри розвитку, зокрема Стенфордський науковий парк; (2) непряма участь держави через державні замовлення і гранти на наукові роботи; (3) найактивніша участь основних ІТ-компаній, промислових і нанотехнологічних компаній США; (4) розвинена інфраструктура, орієнтована на мобільність людей і комфортні умови проживання [10].

Нанокластер у м. Олбані (або як його називають – «Технологічна долина») у цілому повторює історію створення Силіконової долини у Каліфорнії, коли великий університет формує спеціалізований науковий центр, який, у свою чергу, починає приваблювати своїми розробками провідні промислові компанії. При цьому увесь такий інноваційний кластер спирається на значну підтримку уряду штату Нью-Йорк, яка надається напряму через різні форми стратегічного розвитку «свого» університету, а далі – через податкові пільги, фінансування інфраструктурних проєктів і цільові гранти промисловим компаніям. У створення кластера було вкладено 13 млрд дол. США – і сьогодні він став найкрупнішим технологічним, дослідницьким і освітнім центром. Декілька провідних світових корпорацій і організацій вклали в «Технологічну долину» (Tech Valley) мільярди доларів, серед них – такі інноваційні лідери, як Applied Materials, AMD, ASML, Beech-Nut, GE Global Research, GE Healthcare, IBM, International SEMANTECH, SONY, Tokyo Electron, Toshiba.

У той же час кластер у м. Олбані, зберігаючи теперішню спеціалізацію в області наноелектроніки, у найближчі роки буде перетворюватись на міжгалузевий і більш диверсифікований кластер, орієнтований на комерційне виробництво широкої гами нанопродуктів та ІКТ. Відповідно до офіційної статистики CNSE's Albany (коледж нанотехнологій) цей комплекс «являє собою повністю інтегровану систему навчання, досліджень, розробки, створення прототипів в області нанотехнологій, що забезпечується шляхом стратегічної підтримки та організаційних зусиль уряду штату, бізнес-інкубаторів і провідних світових корпоративних партнерів» [421]. Все це перетворило CNSE's Albany на провідний НОЦ нанотехнологій як за концентрацією спеціалістів, так і по інвестиціях в інфраструктуру й обсягах робіт, що виконуються.

У країнах СНД прикладом створення системи координації робіт у сфері нанотехнологій є національний проєкт формування у Російській Федерації національної нанотехнологічної мережі згідно з ініціативою Президента РФ і відповідно до урядової програми розвитку нанотехнологій, яка включає: головну наукову організацію – Російський науковий центр «Курчатівський інститут» (що здійснює координацію наукової діяльності щодо реалізації президентської ініціативи), ВАТ «Роснано» (колишня державна корпорація

«РоснаноТех», що вирішує питання організації і фінансової підтримки інноваційної діяльності у сфері нанотехнологій), провідні наукові, промислові й освітні центри (головні організації за напрямками розвитку нанотехнологій і за регіонами РФ [243, с. 159]. У процесі створення російської національної нанотехнологічної мережі планується сформувати шість технологічних платформ (баз) за усіма напрямками діяльності як структуроутворюючих елементів мережі, а саме: дослідницько-технологічну; науково-освітню і кадрову; інформаційно-економічну (комерціалізація, приватно-державне партнерство); організаційно-правову (інтелектуальна власність, стандарти, безпека); організаційно-методичну для міжнародного співробітництва.

В той же час слід зазначити, що у Росії нанокластери як такі, що відповідають принципам і сучасним світовим тенденціям, відсутні. Діючі кластерні утворення створені, як правило, за ініціативою навчальних і рідше – промислових компаній при загальній політичній підтримці регіональних влад. Але цього вкрай недостатньо як з точки зору ресурсної підтримки, так і для комплексного вирішення науково-виробничих проблем, а також міжнародної кооперації.

Таким чином, світовий досвід використання «кластерно-мережевої» моделі надає можливість розвивати конвергентні технології по «всьому фронту» міждисциплінарних досліджень на базі НОЦ з університетською матеріальною і лабораторною базою.

Фінансування НОЦ здійснюється таким чином, щоб максимально задіяти усі можливі джерела фінансування. У табл. 5.4 наведені основні джерела, напрямки фінансування і планування НОЦ країн-лідерів [10, с. 278].

Таблиця 5.4

Основні джерела, напрями фінансування і планування НОЦ

Джерела фінансування		Напрями фінансування	Учасники планування
Тип	Механізм		
1	2	3	4
Державні	Через програми національних ініціатив	Фінансування досліджень з конвергентних технологій	Базовий університет
Фондові	Через фонди, зокрема, науковий фонд	Фінансування освіти в області конвергентних технологій	Генеральний спонсор: <ul style="list-style-type: none"> ▪ у США – NSF, STEM; ▪ в ЄС – ESF, Горизонт 2020, CIP, SET-Plan; ▪ у Японії – програми Ради з політики в області науки технологій
Територіальні	Через регіональні програми розвитку конвергентних технологій	Фінансова підтримка викладачів на час навчання (стипендії для викладачів)	

Закінчення табл. 5.4

1	2	3	4
Венчурні	Через венчурні фонди	Фінансова підтримка студентів (стипендії)	Міністерства і відомства
Спонсорські	Через спонсорів (фізичних і юридичних осіб)	Фінансування трансферу конвергентних технологій з лабораторій на ринок	Університети або дослідницькі центри / лабораторії
Асоціативні	Через університетські асоціації та об'єднання	Фінансування стартапів	
Грантові	Через персональні гранти на дослідження		
Корпоративні	Через договори з приватними замовниками		

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 278]

Важливо зазначити, що державна участь у фінансуванні НОЦ країн-лідерів залишається домінантною – не нижче 65 %, в тому числі у лідера ринку – США. Великі обсяги державних інвестицій припадають на великі / відомі інтегровані науково-освітні комплекси, які організовані за «кластерним» і «кластерно-мережовим» принципами.

У табл. 5.5 наведено узагальнення конкурентних переваг провідних закордонних НОЦ в областях наукових досліджень, освіти та технологічної бази і комерціалізації, що дозволило сформулювати загальні елементи організації та управління конкурентоспроможних НОЦ у галузі конвергентних технологій [10, с. 283–284].

Таблиця 5.5

Елементи організації та управління, які властиві конкурентоспроможним закордонним НОЦ у галузі конвергентних технологій

Структурні пріоритети	Пріоритети фінансування	Пріоритети розвитку науково-дослідного й освітнього процесу
1	2	3
Механізм концентрації ресурсів на проривних технологічних напрямках	Використання механізму двох-етапного фінансування: I етап – пріоритет державних джерел; II етап – корпоративних джерел	Створення розгалуженої системи лабораторій і мереж обміну інформацією, результатами досліджень, обладнанням
Розвиток партнерств з комерційними організаціями шляхом створення стартапів і спільних компаній	Фінансова підтримка фундаментальних досліджень з фокусуванням на прикладні НДДКР, які мають потенціал комерціалізації	Наявність освітніх програм для дітей дошкільного і шкільного віку, бакалаврів, магістрів, аспірантів, викладачів («літні школи»)

Закінчення табл. 5.5

1	2	3
Формування науково-освітніх кластерів на основі розвиненої внутрішньої кооперації факультетів і центрів з елементами дослідного виробництва і інфраструктури для комерціалізації	На всіх етапах – використання системи перехресного фінансування з різних джерел: через національні програми, програми міністерств/ відомств і фонди регіональної влади, через механізм державно-приватного партнерства, професійні асоціації, корпоративні джерела, ресурси уповноважених інвестиційних банків, венчурні фонди, приватників	Інтеграція дослідницької, освітньої і реєструючої діяльності в НОЦ при чіткому розділенні функцій відповідних підрозділів
Ініціація цільових програм щодо створення науково-технологічних альянсів, які вирішують програмні завдання розвитку конвергентних технологій	Фінансова підтримка наукових керівників і студентів/дослідників під час реалізації науково-практичних проектів	Підтримка балансу науково-дослідних і освітніх програм, що дозволяє здійснювати безперервний процес розвитку конвергентних технологій та їх комерціалізації
Активне міжнародне співробітництво із профільними навчальними і науковими центрами		Формування спеціалізованих програм навчання і галузі конвергентних технологій. Впровадження програм технологічного менеджменту і маркетингу інновацій. Фінансова підтримка навчання Створення умов для участі студентів і випускників у дослідженнях конвергентних технологій, а також можливості займатись профільною підприємницькою діяльністю

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 283–284]

В Україні міждисциплінарні дослідження за різними складовими конвергентних технологій (перш за все NBIC-технологій) ведуться, в основному, на базі відповідних інститутів і центрів НАН України, галузевих академій і значно меншому обсязі – у вищих навчальних закладах. Поточний стан і негативна динаміка розвитку наукових досліджень взагалі в Україні, а також незадовільний стан із впровадження інновацій в Україні, в тому числі розробок НАН України, було докладно розглянуто у розділі 2.

Прикладом створення одного з елементів сучасної національної дослідницької інфраструктури в Україні, який повністю відповідає основним положенням Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 рр. та їх імплементації в Україні, є пілотний проект з реалізації концепції *опорного науково-дослідницького університету*, який передбачає «... якісний сплав найвищої освіти і сучасних

наукових досліджень; це також індивідуальний підхід до кожного студента, їх супровід науковим керівником від перших курсів до початку самостійної наукової кар'єри; і, нарешті, це максимальна інтеграція у міжнародний дослідницький простір, що життєво необхідно для української науки» .

Так, 25 березня 2016 р. на спільному засіданні НАН України та колегії Міністерства освіти і науки України (МОН України) було прийняте рішення щодо створення на базі Фізико-технічного навчально-наукового центру (ФТННЦ) НАН України Державної наукової установи «Київська академічний університет» (ДНУ КАУ), який ставить за мету модернізацію мережі і підвищення конкурентоспроможності українських вишів (ВНЗ), забезпечення підготовки наукових кадрів для наукових установ і вишів, формування нової генерації національної наукової еліти природничо-математичної та інженерно-технічної сфер, створення можливостей для самореалізації талановитої молоді в Україні, а також прискорення інтеграції України у ЄДП [422; 423].

У разі успіху цього проекту будуть створені регіональні академічні університети в Харкові, Дніпропетровську, Львові та Одесі. У 2016 р. планується здійснити перший набір магістрів у кількості 100–150 осіб. Крім того, може докорінно поліпшитися система підготовки докторів філософії в НАНУ: освітню складову своєї підготовки аспіранти проходять на базі ДНУ КАУ, а наукову складову — на базі академічних інститутів. Прикладами успішної реалізації концепції науково-дослідницького університету є такі всесвітньо відомі університети, як: Каліфорнійський технологічний інститут (Caltech) та Массачусетський технологічний інститут (MIT).

Керівним органом ДНУ КАУ є Міжнародна наглядова рада (МНР), членами якої будуть провідні західні та українські вчені і функції якої полягатимуть у: (1) проведенні із залученням незалежних міжнародних експертів регулярного оцінювання якості освітньої та дослідницької підготовки студентів і аспірантів; (2) відповідності підготовки студентів і молодих вчених сучасним світовим тенденціям розвитку наукової освіти і напрямів наукових досліджень; (3) організації та проведенні відкритого конкурсу на заміщення вакансій професорів-дослідників КАУ тощо [423]. За рекомендаціями МНР дослідницький університет КАУ може створювати низку центрів, які наведені в табл. 5.6.

Створення і успішна діяльність ДНУ КАУ може стати початком реального реформування наукової і науково-технічної сфери в Україні, надати можливість НАН України стати дійсним лідером у провідних наукових дослідженнях (в тому числі зі створення конвергентних технологій), що відповідають нагальним глобальним викликам, а також інноваційних перетворень у країні

Таблиця 5.6

Центри, що створюються при дослідницькому університеті КАУ

Назва Центру	Основні функції
Центр наукової освіти (ЦНО)	Популяризація наукових досліджень серед школярів, довшівська підготовка та залучення талановитої молоді до КАУ
Центри досліджень (ЦД)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Проходження дослідницького навчання та дослідницько-інноваційної роботи бакалаврів, магістрів і аспірантів на базі КАУ спільно з академічними інститутами; ▪ створення в Україні системи Brain Circulation замість нинішньої Brain Drain; ▪ обговорення і визначення наукових напрямів ЦД відповідно до сучасних тенденцій розвитку фундаментальних і прикладних наук спільно Міжнародною наглядовою радою, Науковою радою КАУ та Науковою радою відповідного академічного інституту; ▪ грантове фінансування наукових проєктів ЦД з боку НАН України або Національного фонду досліджень, отримане на конкурсних засадах
Центр інновацій (ЦІ)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Залучення студентів, аспірантів і молодших наукових співробітників із прикладних спеціальностей до інноваційної діяльності; ▪ функціонування за методами інноваційних центрів при провідних європейських університетах
Центр міжнародної інтеграції КАУ (ЦМІ)	<p>Організація міжнародного наукового співробітництва кафедр КАУ, а саме:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ обмін викладачами та науковими співробітниками; ▪ стажування бакалаврів, магістрів і аспірантів у провідних європейських центрах та європейських студентів і аспірантів на кафедрах і в дослідницьких центрах КАУ; ▪ проведення спільних шкіл і конференцій; ▪ міжнародна інноваційна діяльність

Джерело: сформовано автором на основі [423]

відповідно до розумної спеціалізації та інтеграції до Європейського дослідницького простору і з урахуванням положень Угоди про асоціацію України з ЄС, стратегії України 2020 – «Європейські стандарти життя і гідне місце України в світі» та на виконання положень нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 № 848-VIII і Закону України «Про освіту» від 01.07.2014 № 1556-VI і нового Закону «Про освіту».

При цьому законодавчі положення про такі елементи науково-дослідницької та інноваційної інфраструктури, як технопарки, наукові парки, індустриальні парки, спеціальні (вільні) економічні зони, а також положення про трансфер технологій, дослідницький університет, визначення пріоритетів інноваційної діяльності та інші потребують суттєвого перегляду з огляду на перспективу імплементації Україною основних положень Угоди про асоціацію України з ЄС, а також підготовки Національного плану дій з імплементації положень Дорожньої карти ЄДП 2015–2020.

Висновки до розділу 5

1. Встановлено, що для комерціалізації результатів міждисциплінарних досліджень, розробки і використання конвергентних технологій у більшості країн – технологічних лідерів постала гостра необхідність формування *розвинутої інфраструктури*, яка буде займатись підтримкою науково-технологічного розвитку, прискоренням трансферу провідних (перш за все конвергентних) технологій у виробництво, створенням транспарентних умов для конкуренції і державно-приватного співробітництва.
2. Доведено, що обрана більшістю країн – технологічних лідерів модель трьох спіралей взаємодії «влада – наука – бізнес» призвела до того, що найбільш цікаві й перспективні технологічні платформи і кластери, створені як інкубатор для інноваційних ідей і розробок малих підприємств, почали поглинатися транснаціональними корпораціями і посилювати цим олігархізацію економіки країн.
3. Виявлено, що в період 2004–2015 рр. стрімке зростання обсягів міждисциплінарних досліджень у більшості провідних галузей, а також широке розповсюдження конвергентних NBIC-технологій і формування на їх основі провідних виробничих технологій, які мають найбільшу комерційну перспективу до 2020 р., викликало потребу у використанні більш загальних інструментів управління дослідницькою та інноваційною діяльністю, ніж технологічні платформи або кластери. При цьому світові технологічні лідери почали будувати свою науково-інноваційну політику на основі моделі чотирьох спіралей «влада – наука – громадянське суспільство – бізнес», яка має багато гравців, що унеможлиблює поглинання однією структурою (навіть потужною ТНК), і у якій головним елементом є не кластер або технологічна платформа, а інноваційна екосистема.
4. Показано, що з метою реалізації передбачених вигід від конвергенції знань, технологій і суспільства на основі використання конвергентних технологій Всесвітнім центром оцінки технологій (WTEC), перш за все для США, був запропонований механізм у вигляді створення *національних КЗТС-ініціатив*, які можуть бути організовані у вигляді групи центрів в освітніх і дослідних установах, технологічних платформ, програм і організацій, а також відповідного зв'язку і координації з державними органами. При цьому необхідно буде спрямувати *урядову програму*

конвергенції на ті області, які становлять національний інтерес, а саме: (1) конвергентні революційні технології для персональних послуг; (2) когнітивне суспільство і довічне благополуччя; (3) розгалужене виробництво на основі NBIC; (4) конвергенція у сфері біомедицини; (5) підвищення людського потенціалу; (6) стійкі земні системи; (7) сприяння розвитку творчості, інноватики та аналізу рішень у сфері доданої вартості; (8) створення центрального органу з конвергенції знань і технологій, яке зосередиться на підходах до конвергенції, а також плануванні для пріоритетних платформ конвергенції (наприклад, для урядових програм з науки, технологій та інвестиційного планування).

5. Встановлено, що з 2012 р. країни ЄС та асоційовані країни стали учасниками розбудови *Європейського дослідницького простору*, в основу якого покладено три пріоритети – Відкрита наука, Відкриті інновації, Відкритість до світу. Показано, що парадигма *Відкритої науки* передбачає створення уніфікованої *e-інфраструктури* з відкритим доступом для дослідників з будь-якого місця. В рамках цієї парадигми створюється *Європейська хмара відкритої науки*, що передбачає наявність технологій об'єднання і надання послуг державним і приватним користувачам, та система безплатного доступу до кінцевих споживачів системи, а також у 2015 р. затверджено *Стратегію Єдиного Цифрового Ринку*, в рамках якої Хмара Відкритої Науки буде відкритою, сервіс-орієнтованою, інклюзивною для всіх зацікавлених сторін і буде піднімати дослідження на наступний рівень.
7. Реалізація концепції *Відкритих інновацій* передбачає створення і підтримку Європейських технологічних платформ (ЄТП) у пріоритетних напрямках інноваційної діяльності, а саме: біоекономіка (7 платформ); енергетика (8); навколишнє середовище (1); ІКТ (9); виробництво і процеси (8); транспорт (5). При цьому для *реалізації і впровадження конвергентних («наскрізних») технологій* виокремлено три «ініціативи», а саме: *NANO futures* – підключення та встановлення співпраці, а також представлення технологічних платформ, які потребують нанотехнологій для свого виробництва і продукції; *ConXERT* – врахує потреби і бажання споживачів, сприяючи розвитку інноваційних продуктів і послуг, що випливають з нових матеріалів і технологій, систем виробництва і виробничо-збутових ланцюжків, бізнес-моделей і творчості; *ETPIS* – забезпечення безпеки устаткування і систем виробництва галузей промисловості. Пріоритетами Горизонт 2020 також передбачено окрему *Програму наскрізних заходів або зон фокусування*, яка

має такі пріоритети: (I) Промисловість 2020 на основі рециркуляційної економіки; (II) Інтернет речей; (III) Розумні міста, що усталено розвиваються.

8. У травні 2016 р. під час Міністерської конференції ЄС у рамках проведення чергового засідання Ради з конкурентоспроможності ЄС було затверджено Робочу програму з розвитку ЄДП на 2016–2017 рр., в якій чітко сформульовано систему пріоритетів на наднаціональному і національних рівнях з розвитку науки й інновацій і поставлені такі завдання: (1) надати стратегічні рекомендації на ранній стадії при розробці політики в області науки і інновацій; (2) розглянути вплив інших політик на R & I порядку денного і надати рекомендації щодо відповідних дій; (3) проводити консультування з питань здійснення і підтримки політики в області R & I.
9. Встановлено, що до 22 квітня 2016 р. Україна так і не надала до засідання комітету ЄДП свої пропозиції щодо Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020, що є прямим порушенням нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність», а також відповідних положень Угоди про асоціацію України з ЄС. Для реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 в Україні доцільно: (1) створення і надання послуг *Ідентифікаційного комітету* для відбору членів Наукового комітету Національної ради з науки, техніки та інновацій України; (2) запровадження *Європейських стандартів експертизи проектів* з метою підвищення ефективності української національної дослідницької системи у тісному співробітництві з European Science Foundation (ESF); (3) організація *міжнародної експертизи (бази експертів) та експертної процедури з оцінки якості досліджень у різних інституціях* (науково-дослідних організаціях, вишах); (4) запровадження *дослідницьких університетів європейського типу* як складової мережі європейських дослідницьких університетів в Україні у співробітництві з Лігою європейських дослідницьких університетів (LERI); (5) організація системи роботи *Національного дослідницького фонду* у співробітництві з Science Europe та організаціями, які фінансують наукові дослідження в ЄС; (6) Для розвитку міждисциплінарних досліджень та інтеграції до ЄДП необхідна *участь представників органів влади України, що фінансують дослідження, а також наукових експертів в групах, що мають відношення до ЄДП* (ESFRI, e-IRG, комітеті з супроводження ERIC, міждержавних експертних робочих групах з розробки дорожніх карт дослід-

ницьких інфраструктур та центрів передового досвіду з урахуванням Стратегії розумної спеціалізації; (7) узгодження встановлених законом України пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку, на основі яких розробляються Державні цільові науково-технічні програми, а також узгодження цих ДЦНТП з аналогічними програмами інших держав ЄС в рамках комітету GPC; (8) зняття перешкод із залучення до вільного ринку дослідників, запровадження кодексів із найму фахівців, страхового пенсійного забезпечення для мобільних учених за умови участі України в групі Steering Group on Human Resources and Mobility (SGHRM); (9) запровадження індикаторів оцінки участі України в ЄДП, співпраця з системою моніторингу результатів інтеграції в ЄДП можливі тільки за участі України в комітеті ЄДП (ERAC).

10. Обґрунтовано, що для реалізації Українського дослідницького простору (УНДП) Кабінету Міністрів, Міністерству освіти і науки, а також Національній академії наук України (НАН України) буде доцільним: (1) скласти план формування УНДП, який може частинами і в цілому інтегруватися в ЄДП; (2) узгодити дії НАН України з Національною академією медичних наук (НАМН) і Національною академією аграрних наук (НААН), а також громадськими науковими організаціями щодо спільних заходів із розробки Стратегії розумної спеціалізації регіонів України та інтеграції до ЄДП через імплементацію Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (3) розробити механізм реалізації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 для інноваційного розвитку через: (а) Відкриту науку; (б) Відкриті інновації; (в) Стратегію розумної спеціалізації; (г) підтримку з боку ЄС через технічну допомогу з реалізації узгоджених з ЄДП національних пріоритетів; (4) створити Раду ЄС – Україна з питань реформування науки та інноваційної системи України із залученням основних діючих осіб ЄДП та УНДП для поетапного супроводу реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (5) провести Форум з презентації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 за участю основних діючих осіб ЄДП та УНДП, в тому числі ESFRI, ERIC-консорціумів та Європейського інституту інновацій та технологій.
11. Показано, що під час реалізації української дорожньої карти, перш за все, необхідно буде створити: (1) Національну раду з питань науки і технологій (НРПНТ); (2) Науковий комітет НРПНТ як основу координаційного комітету УНДП; (3) Національний фонд досліджень;

- (4) Базові елементи науково-дослідницької інфраструктури, в тому числі: (а) національну мережу Центрів передового досвіду; (б) національні дослідницькі інфраструктури як українські частини консорціуму ERIC, а також вступ до інших європейських дослідницьких структур з виплатою членських внесків; (в) мережі взаємодії національної та європейської грид-інфраструктури; (г) платформи з реалізації Стратегії HR для дослідників в Україні; (д) українську службу академічних обмінів тощо.
12. Проект Стратегії розвитку високотехнологічних галузей України до 2025 року створює передумови для розбудови інноваційної екосистеми в країні і включає до себе п'ять програм, у тому числі: (1) Офіс Високих Технологій (High Tech Office) як інструмент підтримки інноваційних проєктів; (2) Розвиток експортоорієнтованої інноваційної екосистеми; (3) Цифровий порядок денний для України (Digital Agenda); (4) «Залучення» інноваційних ТНК (Welcome MNC) – програма заохочення та залучення світових високотехнологічних лідерів до розвитку виробництва, проведення наукових досліджень і створення робочих місць в Україні; (5) «Високотехнологічна» нація (High Tech Nation) – програма популяризації високих технологій, науки та техніки для населення України, насамперед серед молоді.
13. Доведено, що основним елементом мережевих структур підтримки розвитку міждисциплінарних досліджень і розробки конвергентних технологій у країнах – технологічних лідерах є *науково-освітні центри (НОЦ)* як структурні підрозділи наукової, науково-виробничої організації або університету, які проводять відповідні дослідження, підготовку кадрів вищої кваліфікації в області конвергентних технологій, а також використовують результати наукових досліджень в освітньому процесі. Найбільш сучасною є *кластерно-мережева модель організації взаємодії НОЦ*, яка являє собою, з одного боку, кластерні утворення з повним циклом НДДКР, а також університетською освітою і циклом впровадження цілої гами продуктів конвергентних технологій, а з іншого боку – доповнюється можливостями спільних лабораторних комплексів, спільною інфраструктурою і спеціалізованими комплексами, орієнтованими на вирішення вузьких прикладних задач зі створення конвергентних технологій.
14. Обґрунтовано, що створення й успішна діяльність *науково-дослідницьких університетів* в регіонах України, що мають найбільшу концентрацію науково-дослідних (зокрема структур НАН України) та вищих навчальних закладів – ДНУ КАУ може стати початком реального реформування

наукової і науково-технічної сфери в Україні, надати можливість НАН України стати дійсним лідером у провідних наукових дослідженнях (в тому числі зі створення конвергентних технологій), що відповідають нагальним глобальним викликам, а також інноваційних перетворень у країні відповідно до розумної спеціалізації та інтеграції до Європейського дослідницького простору і з урахуванням положень Угоди про асоціацію України з ЄС, стратегії України 2020 – «Європейські стандарти життя і гідне місце України в світі» та на виконання положень нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 № 848-VIII і Закону України «Про освіту» від 01.07.2014 № 1556-VI і нового закону «Про освіту».

15. Показано, що законодавчі положення про такі елементи науково-дослідницької інфраструктури, як технопарки, наукові парки, індустріальні парки, спеціальні економічні зони, положення про трансфер технологій, визначення пріоритетів інноваційної діяльності та інші потребують суттєвого перегляду з огляду на перспективу імплементації Україною основних положень Угоди про асоціацію України з ЄС, а також підготовки Національного плану дій з імплементації положень Дорожньої карти ЄДП 2015–2020.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що сьогодні людство стикнулося з цілою низкою глобальних проблем, з яких до матеріальної сфери відносяться: (1) депопуляція і старіння населення; (2) нестача продовольства і вичерпання запасів низки видів сировини; (3) екологічні проблеми, нестача низки видів паливної енергетики та енергозбереження; (4) уповільнення науково-технічного прогресу і відставання від провідних країн у переході до нового технологічного укладу. Діяльність будь-якої держави і суспільства має бути спрямована на вирішення цих проблем.
2. Наведене авторське бачення концепції періодизації, яка пов'язує у цілісну картину економічні, технологічні та соціально-політичні фактори розвитку, а також характеризує структуру шостого технологічного укладу. Ключовим фактором ядра буде стан конвергенції NBIC-технологій. Ядро нового шостого ТУ сформують такі галузі, як: наноматеріали і матеріали для ростових технологій, наноелектроніка і нанофотоніка, скануюча нанотехніка, наносистемна техніка, нанофабрики і 3D-друк, гена інженерія, молекулярні біотехнології, хмарні обчислення і багатомірне моделювання, інтернет речей, штучний інтелект. Носійними галузями будуть: медицина та фармація; агропродовольчий комплекс на основі нанобіотехнологій; мікроелектроніка, робототехніка; інформаційно-комунікаційна галузь; освіта та науково-практичні дослідження; нова ядерна і термоядерна енергетика; відновлювальна енергетика; авіабудування і ракетно-космічний комплекс; автомобілебудування, судно- і верстатобудування; хімічно-металургійний комплекс.
3. Запропоновано авторське бачення змісту нової промислової революції, яка спрямована на вирішення глобальних проблем і включає органічне поєднання конвергенції NBIC-технологій з ключовими факторами «Індустрії 4.0», перш за все посиленою інтеграцією «кіберфізичних систем» (або CPS) у виробничі процеси. Ці технології «Індустрії 4.0», поєднуючи фактори системи передового виробництва Smart TEMP (Т (technology) – розумні технології; Е (environment) – розумне середовище; М (manufacturing) – розумне виробництво; Р (products) – розумні продукти), створюють нові ринки та галузі, сприяють зростанню продуктивності праці, підвищенню конкурентоспроможності окремих секторів і національних економік. Доведено, що у країнах-лідерах у своїх регіональних угрупованнях існує тісний зв'язок між пріоритетами науково-технічних досліджень, інноваційних розробок і передовими

виробничими технологіями. При цьому починаючи з 2013–2014 рр. практично у всіх цих країнах прийняті державні програми підтримки такого взаємозв'язку, що підкріплено відповідним фінансуванням переважно саме таких конвергентних проектів і технологій.

4. Доведено, що впровадження конвергентних технологій в Україні обумовлено потребою підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників на зовнішніх і внутрішніх ринках в умовах поглибленої інтеграції країни, перш за все з країнами Європейського Союзу, і реалізації Угоди про асоціацію між Україною та ЄС. Так, аналіз структури світового та українського обсягів витрат на науково-технічний розвиток, а також експорту високотехнологічної продукції свідчить про невідповідність структури українського експорту високотехнологічної продукції світовій структурі. При цьому частка загального експорту високотехнологічної продукції України на світовому ринку в 2014 р. склала 0,07 %, в тому числі в авіакосмічній галузі – 0,38 %, в фармацевтичній – 0,05 %, в галузі конторського обладнання – 0,01 %, комунікаційного обладнання – 0,06 % та приладобудування – 0,02 % (тобто практично мізерні обсяги). Що стосується частки експорту високотехнологічної продукції в загальному експорті товарів, то в 2014 р. в Україні вона склала 4,07 % проти загальносвітового показника 17,5 %. Таким чином, Україна катастрофічно відстає від країн-лідерів на ринку високотехнологічної продукції, і розрив цей продовжує збільшуватися на протязі 2012–2014 рр. Для збільшення виробництва й експорту високотехнологічної продукції потрібно зосередити кошти і заходи державної підтримки на пріоритетних напрямках розвитку перспективних виробничих технологій на базі власного унікального науково-технологічного заділу, а сьогодні реально почати купувати вже готові розробки та патенти і виробляти високотехнологічну продукцію (як це роблять Китай і Казахстан).
5. Встановлено, що найбільш перспективними сьогодні, з точки зору споживача, є такі технології, як: (1) фотоніка; (2) біотехнології; (3) нанотехнології; (4) мікротехнології; (5) ІКТ у виробничих системах; (6) передові матеріали; (7) адитивне виробництво; (8) енергетичні і технології навколишнього середовища. Іншими словами, передові виробничі технології – це, перш за все, 3D-друк, хмарні технології, інтернет речей, нові матеріали, робототехніка. Ці технологічні області мають багато-профільний і міждисциплінарний характер, а їх розвиток приводить до проривів у фізиці, хімії, матеріалознавстві і біології, а також зближує ці дисципліни. Вони пов'язані з високою інтенсивністю знань, високими

витратами на науково-технічні дослідження, пришвидшеними інноваційними циклами, високими капітальними витратами і висококваліфікованою працею. Крім того, ці технології мають системну значущість, міждисциплінарний і наскрізний характер у багатьох областях із тенденцією до конвергенції.

6. Запропоновано авторське бачення і схему вирішення глобальних проблем людства, що передбачає чотири основні напрямки та інструменти для: (1) подолання глобальної проблеми уповільнення науково-технічного прогресу на основі впровадження конвергентних NBIC-технологій як ядра для розвитку й поширення системи передового виробництва Smart TEMP; (2) подолання проблеми депопуляції і старіння населення за рахунок: задоволення біофізичних потреб людини (нової медицини і охорони здоров'я); реалізації когнітивних потреб людини (штучний інтелект, віртуальна інтеграція тощо); нового технологічного оточення людини (робототехніка, сенсори, мережі); трансформації системи державного управління, задоволення на новому рівні морально-етичних потреб; (3) подолання глобальної проблеми нестачі продовольства і вичерпання ресурсів шляхом: розвитку глобальних аграрних технологій (генна інженерія, молекулярні біотехнології); створення нових розумних агровиробництв і переробки; розробки і поширення нових матеріалів для ростових технологій і 3D-друку; когнітивного управління агропродовольчою сферою і ресурсами; (4) подолання екологічних проблем і створення нової енергетики за рахунок: глобальних планетарних технологій (космос, океан, клімат, інфраструктура); нових енергетичних принципів побудови виробництва, безвідходних технологій; альтернативних джерел енергії; когнітивного управління навколишнім середовищем; (5) комплексного вирішення біофізичних, продовольчих, ресурсних, екологічних і енергетичних проблем людства як фундаменту для подальшого соціального прогресу людства, що відкриває можливості подолати глобальні виклики та створити нові соціальні цінності і потреби.
7. Розроблено методичний підхід до оцінки інноваційного розвитку України та країн ЄС, який передбачає такі етапи: (1) оцінка умов створення та рівня інноваційного потенціалу країн; (2) оцінка умов та реалізації інноваційного потенціалу досліджуваних країн; (3) дослідження компонентів інтегральних показників умов створення та рівня й умов і реалізації інноваційного потенціалу країн. Наведені в роботі структурний аналіз компонент та інтегральних показників, а також зіставлення

компонент інтегральних показників за допомогою методу кластерного аналізу дозволили скласти порівняльну матрицю умов створення, рівня і умов реалізації інноваційного потенціалу України, виявити його відносні переваги та недоліки, а також визначити стратегічні напрями розвитку країн в інноваційній сфері. Встановлено, що Україна має: (1) відносні переваги розвитку свого інноваційного потенціалу в таких напрямках, як: фінансове забезпечення освітнього потенціалу, рівень і якість освіти населення, внутрішня патентна активність населення, експорт наукоємних послуг; (2) незначні потенційні відносні переваги у такому: тривалості навчання, якості університетської освіти, фінансування та зайнятості в сфері НДДКР й доходів від винахідницької діяльності; (3) найбільшу частку характеристик інноваційного потенціалу України складають відносні недоліки, а саме: чисельність дослідників і якість науково-дослідних установ, доступ, використання та практичної реалізації ІКТ, загальної патентної активності населення, розвитку інноваційних кластерів, створення науково-технологічних виробництв і продуктів, експорту високотехнологічної та творчої продукції, виробництва інноваційної продукції малими і середніми підприємствами, правового захисту.

8. Розроблено імітаційну модель науково-технічного розвитку України, яка побудована відповідно до структури виявлених зв'язків між складовими науково-освітнього та інституційного потенціалів, а також результатів науково-технічної та інноваційної діяльності, і включає блоки: (1) формування освітнього потенціалу; (2) створення інституційного потенціалу; (3) управління активізацією освітнього та інституційного потенціалів; (4) моделювання результатів науково-технічної діяльності; (5) результати комерціалізації інновацій; (6) оцінки результатів науково-технічної та інноваційної діяльності для економіки у цілому. Показано, що сформовані в моделі 65 контурів зворотного зв'язку охоплюють весь процес від створення освітнього чи інституційного потенціалу до результатів науково-технічної та інноваційної діяльності, а також дозволяють дослідити вплив окремих напрямків розвитку освітнього, наукового, інституційного потенціалів і окремих заходів щодо активізації науково-технічної та інноваційної діяльності на результати для економіки у цілому та визначити найбільш доцільні та ефективні з цих заходів.
9. Показано, що проведене в роботі сценарне моделювання здійснювалося на основі плану імітаційних експериментів із зміною параметрів по

одному і дозволяє виявити чутливість системи до кожного з параметрів, а також визначити ті параметри, збільшення (зменшення) яких дозволяє досягти найбільшого бажаного ефекту. Доведено, що заради досягнення помітних результатів науково-технічного розвитку України необхідно: (1) реалізація оптимального сценарію збільшення рівня витрат на НДДКР у 2,5 % ВВП у середньостроковій перспективі, що створює достатні ресурси для довгострокового розвитку; (2) збільшення витрат на дослідження та розробки повинно супроводжуватися розвитком кластерів, підвищенням рівня захисту інвесторів, розвитком високотехнологічних виробництв та зайнятості на таких виробництвах, а також полегшенням доступу до ІКТ; (3) стимулювання зацікавленості населення в отриманні якісної професійної освіти, у тому числі через заохочення з боку роботодавців.

10. Встановлено, що у більшості країн, які претендують на лідерство як на регіональному рівні, так і у глобальному світі, технологія форсайт є сьогодні ефективним інструментом вибору пріоритетів у сфері науки і технологій відповідно до глобальних викликів як надзвичайно масштабних і складних проблем, з якими людство вже стикнулося і вплив яких у середньо- і довгостроковій перспективі буде посилюватися. Як наслідок, у складі пріоритетів науково-технологічного розвитку, перш за все, розглядаються: (1) системні цільові орієнтири на макрорівні, що враховують вплив на сферу науки і технологій політичних, економічних і соціальних умов; (2) функціональні пріоритети, пов'язані з факторами розвитку національної науково-технічної та інноваційної політики та інноваційних систем усіх рівнів; (3) власне науково-технологічні пріоритети.
11. Показано, що практика визначення загальнодержавних пріоритетів розвитку науки і техніки в Україні на протязі 2004–2015 рр. свідчить, що їх все ще забагато для того, щоб сконцентрувати невеликі обсяги бюджетних коштів на дійсно найважливіших напрямках, які повинні вирішувати загальні та специфічні проблеми, що стоять перед Україною. На основі аналізу результатів державних програм прогнозування науково-технологічного розвитку України встановлено, що відібрані групами експертів критичні технології відповідають стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційного розвитку країни за цей період, а саме: (нанотехнології, біотехнології, мікроелектроніка, нові матеріали, високоякісна металургія). При цьому офіційно затверджені та профінансовані сьогодні стратегічні інноваційні пріоритети України практично

не відповідають інноваційним пріоритетам і передовим виробничим технологіям, які знаходяться у фокусі науково-технічної та інноваційної політики розвинених країн-лідерів (крім другого і четвертого пріоритету). За результатами форсайту економіки України, проведеного у 2015 р., встановлено, що можливість реалізації у 2020–2025 рр. мають: (1) високу – аграрний сектор і військово-промисловий комплекс; (2) середню – створення нових речовин і матеріалів та нанотехнології, інформаційно-телекомунікаційні технології, енергетика, високотехнологічне машинобудування; (3) низьку – розвиток наук про людину, біомедична інженерія, клітинна медицина і фармація. В той же час проведені дослідження потребують більшої формалізації, а визначені пріоритети – більшої об'єктивності на основі використання математичних методів та інформаційних технологій. В Україні в умовах обмежених бюджетних ресурсів існує необхідність подальшої адаптації існуючих методик прогнозування майбутнього і, перш за все, максимальної автоматизації методології форсайту, що дозволить значно скоротити витрати на проведення подібних досліджень.

12. Запропоновано нову авторську процедуру форсайт-досліджень, яка порівняно із традиційною (процедурою форсайт-дослідження 2004–2006 рр.) має принципові відмінності, а саме: (1) на відміну від використання методу «снігової кулі» для формування експертної групи у форсайт-дослідженні (коли експерти обираються випадковим чином на основі інтерв'ю, а отримані вибірки не є репрезентативними) доцільно використовувати формальні методи підбору експертів, які б враховували компетентність експерта за певною тематикою; (2) на етапі формування вихідного переліку тематичних напрямів у форсайт-дослідженні запропоновано використання технологій бібліометрії, наукометрії і патентного аналізу, що дає можливість забезпечити об'єктивність вихідних даних форсайт-дослідження; (3) на етапі оцінювання та уточнення тематичних напрямів технології форсайт запропоновано використання принципу Парето-оптимальності, оскільки його реалізація дозволяє відобразити якісну та кількісну природу критеріїв оцінки тематичних напрямків, а також підвищити адекватність експертного оцінювання при виборі цих напрямків. У результаті розроблено структуру удосконаленої процедури проведення національного форсайт-дослідження щодо вибору пріоритетів науково-технологічного розвитку України.
13. Переваги описаної процедури форсайт-дослідження проілюстровано на прикладі визначення науково-технологічних пріоритетів наноінду-

стрії як багатокритеріального завдання прийняття рішень, мета яких полягає у виділенні множини Парето, тобто в отриманні напрямів, що мають найбільш високі оцінки за кожним із критеріїв. Доведено, що з усіх обраних на початковому етапі напрямів розвитку нанотехнологій (наноматеріали, наноелектроніка, нанофотоніка, наномедицина, нанобіотехнології, методи та інструменти дослідження та сертифікації наноматеріалів і нанопристроїв, технології та спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв) найбільш пріоритетними напрямами розвитку наноіндустрії в Україні є: (1) наноматеріали і технології; (2) спеціальне обладнання для створення і виробництва наноматеріалів і нанопристроїв, оскільки їх векторні оцінки складають множину Парето.

14. Доведено, що визначення потенціалу розвитку конвергентних технологій в Україні стає одним із першочергових завдань науково-інноваційного розвитку країни в умовах нової промислової революції і асоціації з ЄС. Так, у біомедицині використання конвергентних технологій, за різними оцінками, приведе до найбільш радикальних проривних досягнень у галузі молекулярної біології і генетики, молекулярної медицини і фармакології, в тому числі: розвитку унікальних високотехнологічних видів діагностики та лікування і розвитку персоналізованої медицини як основи профілактики та лікування поширених інфекційних і хронічних неінфекційних захворювань людини, в тому числі серцево-судинних, онкологічних, нейро-дегенеративних захворювань, захворювань обміну речовин. В Україні за цим напрямом дослідження НАН були спрямовані на: (1) вивчення особливостей транскриптому, протеому, імунному, інтерактому та метаболому людини у нормі і патології для потреб персоналізованої медицини та розробки сучасних методів профілактики та діагностики захворювань людини і тварин; (2) розробку та розвиток сучасних методів клітинних біотехнологій та метаболічної інженерії для створення суперпродуцентів біологічно активних речовин, нових форм рослин, мікроорганізмів для потреб медицини та народного господарства (зокрема для клітинної та тканинної інженерії); (3) мішень-спрямований пошук нових або модифікованих біологічно активних речовин, шляхів та засобів їхньої керованої доставки для створення новітніх лікувальних засобів; (4) молекулярно-генетичні аспекти вивчення структурно-функціональної організації геномів рослин і мікроорганізмів як фундаментальної складової молекулярних біотехнологій; (5) генетичні основи конструювання поліпшених штамів мікроорганізмів

мів і ліній рослинних і тваринних клітин для розвитку медичних і сільськогосподарських біотехнологій.

15. Показано, що у 2003–2015 рр. у НАН України було розроблено і виготовлено низку приладів для медико-екологічних і промисловотехнологічних потреб, дослідна експлуатація яких довела, що вони можуть: (1) забезпечити швидший, надійніший, більш чутливий і дешевий аналіз різноманітних речовин порівняно з уже існуючими аналітичними методами; (2) покращити якість і доступність медичної діагностики; (3) запобігти забрудненню навколишнього середовища; запобігти надходженню забруднених продуктів харчування у торговельну мережу; (4) запобігти споживанню населенням питної води, забрудненої шкідливими хімічними сполуками та збудниками інфекційних захворювань; (5) покращити контроль технологічних процесів фармацевтичного, біотехнологічного та хімічного виробництва. Крім того, для вирішення проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища були розроблені новітні медико-біологічні та біоінженерні технології для здоров'я людини та народного господарства, біологічно активні речовини для здоров'я людини, еколого-економічні механізми раціонального використання, охорони і моніторингу природних ресурсів, нові технології ефективного використання енергетичних ресурсів.
16. Визначено, що в період 2007–2015 рр. з метою розширення використання альтернативних видів палива за рахунок біопалив у НАН України продовжувалися роботи із: (1) залучення перспективних біологічних ресурсів і розробки та впровадження новітніх технологій біоенергоконверсії для отримання рідких біопалив і розширення їх використання; (2) запровадження використання найбільш ефективних, у т. ч. нетрадиційних та альтернативних, джерел сировини для отримання біопалив; (3) отримання високоякісної сировини з енергетично цінних рослин, включаючи покращення показників їх продуктивності та кінцевого виходу спирту й олій; (4) підвищення якісного складу та кількісного вмісту енергетично цінних речовин (крохмалю, цукру, олії тощо) в біосировині для отримання рідких біопалив; (5) створення нових штамів мікроорганізмів, грибів і мікроводоростей, а також розширення їх ресурсної генетичної бази для отримання рідких біопалив; (6) вдосконалення і розроблення новітніх хімічних технологій, а також застосування нових підходів для біоенергоконверсії; (7) удосконалення технологій хімічної трансформації жирних кислот в олії для одержання біодизеля;

- (8) вдосконалення існуючих і розробки альтернативних технологій отримання паливних компонентів, необхідних для виробництва біопалив; використання відходів сільськогосподарського виробництва, лісової, харчової промисловості та побутових відходів як сировини для отримання біопалив; (9) практичного використання побічних продуктів та відходів виробництва біопалив; (10) порівняльного аналізу різних джерел біоенергетичної сировини з урахуванням собівартості, екологічної безпеки, а також можливості отримання при цьому додаткових корисних продуктів.
17. Доведено, що сьогодні нанотехнології являють собою одну з основних тенденцій розвитку науки й техніки. Нанотехнології вже зачіпають і докорінно змінюють медицину і біотехнології, енергетику, електроніку, обробну промисловість й багато інших галузей економік країн світу. Перехід до нанотехнологій, а саме до атомного конструювання будь-яких матеріалів, надає найважливіший результат – дематеріалізацію виробництва та різке якісне зменшення енерго- і ресурсоемності. Встановлено, що в 2003–2014 рр. установами НАН України виконувалася низка програм у таких напрямках, як: нанобіотехнології; наноелектроніка і нанофотоніка; наноматеріали; діагностика наноструктур; забезпечення розвитку наноіндустрії; технології напівпровідникових наноструктур; фізика наноструктур; нанохімія; нанобезпека. Проте фінансування проектів за цими держпрограмами залишалося вкрай низьким, а отже, заплановані програмою роботи не були виконані у повному обсязі. Визначено, що з 2015 р. з метою подовження міждисциплінарних досліджень НАН України почала виконання комплексної програми, в результаті якої буде: (1) створено легкі, міцні та корозійностійкі конструкційні матеріали із заданими властивостями для машинобудування, аерокосмічної техніки, систем захисту від електромагнітних полів; (2) розроблено нанотехнології з'єднання конструкційних матеріалів, створено високоміцні термостійкі, високоміцні, антикорозійні захисні покриття різноманітних конструкцій; (3) створено мініатюрні й швидкодіючі електронні прилади нового покоління, сенсори та системи для інформаційних технологій і медицини; (4) створено високоефективні пристрої і системи для малої енергетики – сонячні й паливні елементи, хімічні джерела енергоживлення, матеріали для акумулювання електричної енергії та водню; (5) отримано наноструктурні каталізатори для використання в енергоощадних і екологічно чистих виробництвах і транспортних засобах, розроблено прості й дешеві методи очищення

забруднених вод, вироблені високоефективні сорбенти; (6) вироблені нові фармацевтичні препарати та матеріали медичного призначення на основі нанотехнологій для лікування найбільш поширених і небезпечних хвороб (прицільне постачання ліків до хворих органів, діагностика процесів у живих клітинах, біосумісні імплантати); (7) створено нові препарати сільськогосподарського призначення; виконано потенційні замовлення з оборонної тематики. Показано, що у 2012–2015 рр. також продовжувалися роботи закладів НАНУ у таких напрямках досліджень: (1) нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі для техніки нового покоління; (2) нові неорганічні матеріали для сучасної техніки; (3) нові полімерні матеріали різного функціонального призначення; (4) нові речовини і матеріали для потреб медицини та агропромислового комплексу; (5) створення нових енерго-, ресурсозберігаючих та екологічно сприйнятливих способів одержання малотоннажних речовин і матеріалів хімічного виробництва.

18. Доведено, що сьогодні інформаційні технології виступають локомотивом розвитку провідних країн світу, але конвергенції NBIC-технологій фантастично розширюють можливості як самих інформаційних технологій, якісно змінюючи їх спрямування і напрями застосування, так і створюють можливості для розвитку інших сфер науки і технологій. Вибуховий прогрес NBIC-технологій за останні десять років дуже швидко змінює стан розвитку інформаційного суспільства в Україні. Показано, що в 2006–2013 рр. в Україні в рамках виконання низки державних науково-технічних програм активно розбудовувалася Українська національна Grid-мережа (УНГ), і сьогодні вказані роботи продовжуються у таких пріоритетних напрямках, як: (1) формування сучасної електронної інфраструктури, що передбачає створення та застосування Grid-кластерів, програмно-технічних засобів, телекомунікаційних мереж і систем Grid-, хмарних та інших перспективних технологій; (2) підвищення потужності та якості Grid-інфраструктури за допомогою підсилення наявних обчислювальних Grid-кластерів, створення національного каталогу сервісів; (3) створення гнучкого віртуального дослідницького середовища зі спрощеним доступом до ресурсів українського та світового інформаційно-обчислювального простору; (4) створення умов і механізмів взаємодії між дослідниками та IT-колабораціями і проектами різних країн, формування та підтримка віртуального національного центру компетенції, його взаємодія з центром компетенції EGI;

- (5) розширення сфери застосування Grid-, хмарних та інших сучасних обчислювальних технологій у наукових дослідженнях.
19. Визначено, що протягом 2000–2011 рр. в НАН України здійснювалися роботи із удосконалення наявних і розробки нових принципових схем суперкомп'ютерів, які дозволили створити три покоління суперкомп'ютерів СКІТ і реалізувати новий комплексний архітектурний проект розбудови енергоефективних кластерних обчислювальних систем СКІТ-4 із продуктивністю 12 Тфлопс. З 2012 р. і дотепер роботи з нарощування потужності СКІТ-4 продовжуються в рамках програми наукових досліджень НАНУ «Інтелект»».
20. Встановлено, що розвиток мікроелектронної техніки у провідних країнах-лідерах завдяки широкому використанню конвергентних технологій привів до появи технологічних проривів у мініатюризації, підвищенні швидкості і продуктивності приладів та пристроїв з обробки і передачі інформації. В Україні розвиток мікроелектронної техніки показав, що сьогодні вона має найкращі стартові позиції для конкуренції на світових ринках у: (1) світлотехніці на базі наджаскравих світлодіодів; (2) мікрохвильовій електроніці; (3) опто- та інфрачервоної електроніці, при цьому у мікрофотоелектроніці Україна має замкнене виробництво і наскрізну кооперацію, що дозволяє створити сучасні вітчизняні високорентабельні виробництва без мільярдних капіталовкладень. У 2007–2012 рр. в Україні діяла низка державних програм підтримки розвитку електроніки як матеріальної бази ІКТ в Україні, фінансування яких було незадовільним. З 2008 р. й до сьогодні діє державна науково-технічна програма розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів, метою якої є створення принципово нових конкурентоспроможних сенсорних наукоємних продуктів (матеріалів, сенсорів, аналітичних приладів й інтелектуальних систем) та їх впровадження в усі сфери промисловості та споживання.
21. Доведено, що у зв'язку із загостренням енергетичних і екологічних проблем перспективою поступового вичерпання викопних вуглеводнів для більшості країн світу все гостріше постає питання широкого залучення новітніх конвергентних технологій у розвиток атомної енергетики, створення термоядерної енергетики і розширеного використання відновлюваних джерел енергії та пошуку нових ефективних і екологічно толерантних енергоносіїв. Зокрема, заміну сьогоdnішнього кінцевого енергоспоживача системами, що відтворюють об'єкти живої природи,

можливо зробити, «запускаючи майбутнє» на базі конвергенції NBIC-технологій, які найбільш перспективні у фотовольтаїці (сонячні елементи), перетворенні водню (паливні елементи), термоелектриці (термоелектричні пристрої), удосконаленні вуглеводної енергетики (каталізатори, добавки); виробництві світлодіодної техніки, зокрема, з використанням органічних світлодіодів OLED.

22. Показано, що в 2004–2010 рр. для вирішення проблем ядерної енергетики в НАН України виконувалась державна програма досліджень з проблем використання ядерних матеріалів, ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки, але фактичний рівень фінансування вказаної програми склав близько 52 % від передбаченого обсягу. У 2011–2015 рр. закладами НАНУ виконувалась комплексна програма, в рамках якої було одержано низку важливих прикладних розробок, а саме: (1) нові методи нанесення функціональних покриттів; (2) модифікація матеріалів потужними потоками плазми; (3) плазмові джерела інтенсивного екстремального ультрафіолетового та рентгенівського випромінювання; (4) плазмові озонатори; (5) низькотемпературні плазмові озонно-ультразвукові стерилізатори; (6) геліконні технологічні джерела; (7) плазмохімічні реактори; (8) пароплазмова технологія переробки відходів; (9) створення екологічно чистих плазмових технологій для промисловості, медицини, сільського господарства й охорони довкілля.
23. Визначено, що наукові заклади НАНУ беруть активну участь у спільних з лабораторіями ЄС і Росії дослідженнях зі створення технологій керованого термоядерного синтезу, в тому числі в 2014–2015 рр. Найважливішими результатами стали: (1) здобуття нових знань про фізичні явища, що відбуваються у високотемпературній плазмі, у тому числі при її взаємодії з твердими поверхнями; (2) розробка принципів аспектів термоядерної енергетики майбутнього; (3) розробка фізичних засад та обладнання для перспективних іонно-плазмових технологій для промислової обробки матеріалів, охорони довкілля, сільського господарства, медицини, діагностики речовини тощо; (4) розвиток плазмової електроніки, плазмодинаміки та фізичних основ колективних методів прискорення заряджених частинок; (5) поштовх до розвитку індустрії виробництва високотехнологічної продукції, яка наразі практично повністю імпортується.
24. Встановлено, що в 2006–2015 рр. Україна продовжує інтенсивні фундаментальні і прикладні дослідження з розвитку технологій отримання

- водню, створення відповідних матеріалів і високоефективних процесів, що може привести до суттєвого зниження вартості як самого водню, так і допоміжних систем, особливо паливних комірок, а також сприятиме широкій комерціалізації технологій водневої енергетики і узгоджується із загальною тенденцією зростаючого використання альтернативної енергії і максимально можливої децентралізації енергопостачання.
25. Визначення в Україні пріоритетів досліджень у конвергентних технологіях носить поки що безсистемний характер і не відповідає пріоритетам бюджетного фінансування. Розробка Стратегії розвитку конвергентних технологій в Україні відповідно до глобальних і специфічних національних проблема, створення Національної програми розвитку конвергентних технологій в Україні, в якій будуть ув'язані чіткі пріоритети наукових досліджень, забезпечення фінансуванням (за етапами робіт), організаційна підтримка держави, механізми впровадження у підприємницький сектор, критерії результативності заходів і підзвітність відповідальних виконавців перед урядом (за бюджетне фінансування) та підприємцями (за позабюджетні кошти). Доведено, що існує необхідність у створенні Консультативних робочих груп як із співробітників НАН України та інших наукових закладів, так і за участю незалежних експертів, які мають певний досвід роботи у визначеному напрямку досліджень, для аналізу поточного виконання програм розвитку конвергентних технологій, складання прогнозів і уточнення пріоритетів розвитку конвергентних технологій в Україні.
25. Виявлено, що в період 2004–2015 рр. стрімке зростання обсягів міждисциплінарних досліджень у більшості провідних галузей розвинених країн, а також широке розповсюдження конвергентних NBIC-технологій і формування на їх основі провідних виробничих технологій, які мають найбільшу комерційну перспективу до 2020 р., викликало потребу у використанні більш загальних інструментів управління дослідницькою та інноваційною діяльністю, ніж технологічні платформи або кластери. При цьому світові технологічні лідери почали будувати свою науково-інноваційну політику на основі моделі чотирьох спіралей «влада – наука – громадянське суспільство – бізнес», яка має багато гравців, що унеможливає поглинання однією структурою (навіть потужною ТНК), і у якій головним елементом є не кластер або технологічна платформа, а інноваційна екосистема.
26. Показано, що з метою реалізації передбачених вигід від конвергенції знань, технологій і суспільства на основі використання конвергентних

технологій Всесвітнім центром оцінки технологій (WTEC), перш за все для США, був запропонований механізм у вигляді створення національних КЗТС-ініціатив, які можуть бути організовані у вигляді групи центрів в освітніх і дослідних установах, технологічних платформ, програм і організацій, а також відповідного зв'язку і координації з державними органами. При цьому необхідно буде спрямувати урядову програму конвергенції на ті області, які становлять національний інтерес, а саме: (1) конвергентні революційні технології для персональних послуг; (2) когнітивне суспільство і довічне благополуччя; (3) розгалужене виробництво на основі NBIC; (4) конвергенція у сфері біомедицини; (5) підвищення людського потенціалу; (6) стійкі земні системи; (7) сприяння розвитку творчості, інноватики та аналізу рішень у сфері доданої вартості; (8) створення центрального органу з конвергенції знань і технологій, який зосередиться на підходах до конвергенції, а також плануванні для пріоритетних платформ конвергенції (наприклад, для урядових програм з науки, технологій та інвестиційного планування).

27. Встановлено, що з 2012 р. країни ЄС та асоційовані країни стали учасниками розбудови Європейського дослідницького простору, в основу якого покладено три пріоритети – Відкрита наука, Відкриті інновації, Відкритість до світу. Показано, що парадигма Відкритої науки передбачає створення уніфікованої е-інфраструктури з відкритим доступом для дослідників з будь-якого місця. В рамках цієї парадигми створюється Європейська хмара відкритої науки, що передбачає наявність технологій об'єднання і надання послуг державним і приватним користувачам, та система безплатного доступу до кінцевих споживачів системи, а також у 2015 р. затверджена Стратегія Єдиного Цифрового Ринку, в рамках якої Хмара Відкритої Науки буде відкритою, сервіс-орієнтованою, інклюзивною для всіх зацікавлених сторін і буде піднімати дослідження на наступний рівень. У травні 2016 р. під час Міністерської конференції ЄС у рамках проведення чергового засідання Ради з конкурентоспроможності ЄС було затверджено Робочу програму з розвитку ЄДП на 2016–2017 рр., в якій чітко сформульовано систему пріоритетів на національному і національних рівнях з розвитку науки й інновацій і поставлено такі завдання: (1) надати стратегічні рекомендації на ранній стадії при розробці політики в області науки та інновацій; (2) розглянути вплив інших політик на R & I порядку денного і надати рекомендації

- щодо відповідних дій; (3) проводити консультування з питань здійснення і підтримки політики в області R & I.
28. Встановлено, що до 22 квітня 2016 р. Україна так і не надала до засідання комітету ЄДП свої пропозиції щодо Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020, що є прямим порушенням нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність», а також відповідних положень Угоди про асоціацію України з ЄС. Для реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 в Україні доцільно:
- (1) створення і надання послуг Ідентифікаційного комітету для відбору членів Наукового комітету Національної ради з науки, техніки та інновацій України;
 - (2) запровадження Європейських стандартів експертизи проектів з метою підвищення ефективності української національної дослідницької системи у тісному співробітництві з European Science Foundation (ESF);
 - (3) організація міжнародної експертизи (бази експертів) та експертної процедури з оцінки якості досліджень у різних інституціях (науково-дослідних організаціях, вищих навчальних закладах);
 - (4) запровадження дослідницьких університетів європейського типу як складової мережі європейських дослідницьких університетів в Україні у співробітництві з Лігою європейських дослідницьких університетів (LERI);
 - (5) організація системи роботи Національного дослідницького фонду у співробітництві з Science Europe та організаціями, які фінансують наукові дослідження в ЄС;
 - (6) для розвитку міждисциплінарних досліджень та інтеграції до ЄДП необхідна участь представників органів влади України, що фінансують дослідження, а також наукових експертів в групах, що мають відношення до ЄДП (ESFRI, e-IRG, комітет із супроводження ERIC, міждержавних експертних робочих груп з розробки дорожніх карт дослідницьких інфраструктур та центрів передового досвіду з урахуванням Стратегії розумної спеціалізації);
 - (7) узгодження встановлених законом України пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку, на основі яких розробляються Державні цільові науково-технічні програми, а також узгодження цих ДЦНТП з аналогічними програмами інших держав ЄС в рамках комітету GPC;
 - (8) зняття перешкод із залучення до вільного ринку дослідників, запровадження кодексів із найму фахівців, страхового пенсійного забезпечення для мобільних учених за умови участі України в групі Steering Group on Human Resources and Mobility (SGHRM);
 - (9) запровадження індикаторів оцінки участі України в ЄДП, співпраця з системою моні-

торингу результатів інтеграції в ЄДП можливі тільки за участі України в комітеті ЄДП (ERAC).

29. Обґрунтовано, що для реалізації Українського дослідницького простору (УНДП) Кабінету Міністрів, Міністерству освіти і науки, а також Національній академії наук України (НАН України) буде доцільним: (1) скласти план формування УНДП, який може частинами і в цілому інтегруватися в ЄДП; (2) узгодити дії НАН України з Національною академією медичних наук (НАМН) і Національною академією аграрних наук (НААН), а також громадськими науковими організаціями щодо спільних заходів із розробки Стратегії розумної спеціалізації регіонів України та інтеграції до ЄДП через імплементацію Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (3) розробити механізм реалізації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 для інноваційного розвитку через: (а) Відкриту науку; (б) Відкриті інновації; (в) Стратегію розумної спеціалізації; (г) підтримку з боку ЄС через технічну допомогу з реалізації узгоджених з ЄДП національних пріоритетів; (4) створити Раду ЄС – Україна з питань реформування науки та інноваційної системи України із залученням основних діючих осіб ЄДП та УНДП для поетапного супроводу реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020; (5) провести Форум з презентації Національного плану дій з імплементації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 за участю основних діючих осіб ЄДП та УНДП, в тому числі ESFRI, ERIC-консорціумів та Європейського інституту інновацій та технологій. Показано, під час реалізації української дорожньої карти, перш за все, необхідно буде створити: (1) Національну раду з питань науки і технологій (НРПНТ); (2) Науковий комітет НРПНТ як основу координаційного комітету УНДП; (3) Національний фонд досліджень; (4) базові елементи науково-дослідницької інфраструктури, в тому числі: (а) національну мережу Центрів передового досвіду; (б) національні дослідницькі інфраструктури як українські частини консорціуму ERIC, а також вступ до інших європейських дослідницьких структур з виплатою членських внесків; (в) мережі взаємодії національної та європейської грид-інфраструктури; (г) платформи з реалізації Стратегії HR для дослідників в Україні; (д) українську службу академічних обмінів та ін.
30. Доведено, що основним елементом мережевих структур підтримки розвитку міждисциплінарних досліджень і розробки конвергентних технологій у країнах – технологічних лідерах є науково-освітні центри (НОЦ) як структурні підрозділи наукової, науково-виробничої ор-

ганізації або університету, які проводять відповідні дослідження, підготовку кадрів вищої кваліфікації в області конвергентних технологій, а також використовують результати наукових досліджень в освітньому процесі. Найбільш сучасною є кластерно-мережева модель організації взаємодії НОЦ, яка являє собою, з одного боку, кластерні утворення з повним циклом НДДКР, а також університетською освітою і циклом впровадження цілої гами продуктів конвергентних технологій, а з іншого боку – доповнюється можливостями спільних лабораторних комплексів, спільною інфраструктурою і спеціалізованими комплексами, орієнтованими на вирішення вузьких прикладних задач зі створення конвергентних технологій.

31. Обґрунтовано, що створення й успішна діяльність науково-дослідницьких університетів в регіонах України, що мають найбільшу концентрацію науково-дослідних (зокрема структур НАН України) та вищих навчальних закладів – ДНУ КАУ може стати початком реального реформування наукової і науково-технічної сфери в Україні, надати можливість НАН України стати дійсним лідером у провідних наукових дослідженнях (в тому числі зі створення конвергентних технологій), що відповідають нагальним глобальним викликам, а також інноваційних перетворень у країні відповідно до розумної спеціалізації та інтеграції до Європейського дослідницького простору і з урахуванням положень Угоди про асоціацію України з ЄС, стратегії України 2020 – «Європейські стандарти життя і гідне місце України в світі» та на виконання положень нового Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 № 848-VIII, Закону України «Про освіту» від 01.07.2014 № 1556-VI і нового Закону «Про освіту».
32. Показано, що законодавчі положення про такі елементи науково-дослідницької інфраструктури, як технопарки, наукові парки, індустріальні парки, спеціальні економічні зони, положення про трансфер технологій, визначення пріоритетів інноваційної діяльності та інші, потребують суттєвого перегляду з огляду на перспективу імплементації Україною основних положень Угоди про асоціацію України з ЄС, а також підготовки Національного плану дій з імплементації положень Державної карти ЄДП 2015–2020.

Література

1. Декларация тысячелетия Организации Объединенных Наций // Организация Объединенных Наций: сайт. URL: <http://www.un.org/russian/document/declarat/summitdecl.htm>
2. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1976. 168 с.
3. Медоуз Д., Медоуз Д., Рандерс Й., Беренс Ш. Пределы роста. М.: МГУ, 1992. 206 с.
4. Медоуз Д., Рандерс Й., Медоуз Д. Пределы роста: 30 лет спустя. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 358 с.
5. Кизим М. О., Проноза П. В., Омаров Ш. А. Проблеми та цілі розвитку України у світі глобальних проблем світової спільноти: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2010. 96 с.
6. Кизим М. О., Пономаренко В. С. та ін. Основи сталого розвитку Харківської області до 2020 року: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2010. 512 с.
7. Матюшенко І. Ю., Кизим М. О. Оцінка глобальних і специфічних національних проблем, що потребують вирішення в Україні // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности: материалы XVI междунар. науч.-практ. конф. (Евпатория, 23–27 мая 2011 г.). Симферополь: Минэконом. АРК, 2011. С. 30–38.
8. Matyushenko I. Yu. Comprehensive modernization as a prerequisite economic recovery in Ukraine. Institutional framework for the functioning of the economy in the context of transformation: Collection of scientific articles (Canada, Montreal, 25–31 May 2015). 2015. P. 23–28.
9. Воробьев Е. М. Модернизация и неоиндустриализация как догоняющее развитие // Модернізація як фактор розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Харків, 18 квітня 2013 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. С. 23–32.
10. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2011. 392 с.
11. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Шостак І. В. Перспективи розвитку інформаційно-комунікаційних технологій і штучного інтелекту в економіках країн світу та України: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2012. 492 с.
12. NBIC-технологии: Инновационная цивилизация XXI века: монография/под ред. А. К. Казанцева, Д. А. Рубальтера. М.: ИНФРА-М, 2012. 384 с.
13. Roco M. C., Bainbridge W. S., Roco M. C. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Dordrecht: Cluwer Academic Publisher (currently Shpringer), 2003. 482 p.
14. Роко М. К. Конвергенция и интеграция // Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности/под. ред. Л. Фостер. М.: Техносфера, 2008. 352 с.

15. Медведев Д. А. Конвергенция технологий – новая детерминанта развития общества // Новые технологии и продолжение эволюции человека? Трансгуманистический проект будущего; отв. ред. В. Прайд, А. Коротаев. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. С. 47–84.

16. Matyushenko I., Khanova O. Convergence of Nbic-Technologies as a Key Factor in the Sixth Technological Order' Development of the World Economy. Journal L'Association 1901 «SEPIKE»: Social Educational Project of Improving Knowledge in Economics. 2014. № 6. P. 118–123.

17. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Моїсеєнко Ю. М., Бунтов І. Ю. Конвергенція NBIC-технологій як ключовий фактор становлення шостого технологічного укладу // Конкурентоспроможність: проблеми науки та практики 2011: монографія. Харків: ФОП Павленко О.Г., ВД «ІНЖЕК», 2011. С. 11–38.

18. Матюшенко І. Ю. Перспективи конвергенції NBIC-технологій для створення технологічної платформи нової економіки. *Бізнес Інформ*. 2012. №2. С. 66–71.

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

20. Матюшенко І. Ю. Направления развития высокотехнологических укладов и создания экономики знаний в Украине. *Культура народов Причерноморья*. 2006. № 80. С. 98–103.

21. Матюшенко І. Ю., Моїсеєнко Ю. Н., Бунтов І. Ю. Перспективи формування шостого технологічного укладу в економіках Росії та України // Современные стратегии инновационного развития: материалы Тринадцатых Друкеровских чтений ИПУ РАН (г. Москва, 19–21 ноября 2012 г.)/под ред. Р. М. Нижегородцева. Москва–Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2012. С. 15–21.

22. Перес К. Технологические революции и финансовый капитал. Динамика пузырей и периодов процветания/пер. с англ. Ф. В. Маевского; науч. ред. перевода С. Ю. Глазьев, В. Е. Дементьев. М.: Дело, 2011. 231 с.

23. Дрекслер Э. Всеобщее благоденствие. Как нанотехнологическая революция изменит цивилизацию/пер. с англ. Ю. Каптуревский; под науч. ред. С. Лурье. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2014. 504 с.

24. Рифкин Дж. Третья промышленная революция: Как горизонтальные взаимодействия меняют энергетику, экономику и мир в целом/пер. с англ. М.: Альпина нон-фикшн, 2014. 410 с.

25. The Third Revolution: The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences and Engineering // MIT Washington Office. January, 2011. 40 p. URL: <http://dc.mit.edu/sites/dc.mit.edu/files/MIT%20White%20Paper%20on%20Convergence.pdf>

26. Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report // The Industrie 4.0 Working

Group; National Academy of Science and Engineering; German Research Center for Artificial Intelligence. 2011. 80 p. URL: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf

27. Kurfuss Th. Industry 4.0: Manufacturing in the United States // Bridges. 2014. 42 p. URL: <http://ostaustria.org/bridges-magazine/item/8310-industry-4-0>

28. Convergence of Knowledge, Technology and Society: Beyond Convergence of Nano-Bio-Info-Cognitive Technologies/[M. Roco, W. Bainbridge, B. Tonn, G. Whitesides]; World Technology Evaluation Center. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2013. 450 p.

29. 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, 2013. URL: https://www.nsf.gov/crssprgm/nano/MCR_130831_ConvergenceKTS_Roco+Bainbridge_JNR2013_17p.pdf

30. Handbook of Science and Technology Convergence/[W. S. Bainbridge, M. C. Roco (eds.)]. Dordrecht: SpringerNature, 2016. URL: <http://www.springer.com/us/book/9783319070513>

31. Emerging trends in global manufacturing industries // UNIDO; University of Cambridge. 2013. 81 p. URL: https://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/PSD/Emerging_Trends_UNIDO_2013.PDF

32. The Future of Manufacturing: Driving Capabilities, Enabling Investments // Global Agenda Council on the Future of Manufacturing; UNIDO. 2014. 38 p. URL: http://www3.weforum.org/docs/Media/GAC14/Future_of_Manufacturing_Driving_Capabilities.pdf

33. The next production revolution // OECD. 2015. 24 p. URL: <https://www.evm.dk/.../15-05-18-the-next-production-revolution>

34. 2013 Emerging Trends Report // MIT Technology Review, Special Issue. 2013. 91 p. URL: http://oneglobalonline.com/k/docs/MIT_Technology_Review_2013.pdf

35. Global Manufacturing Outlook. Preparing for battle: Manufacturers get ready for transformation // KPMG. 2015. 34 p. URL: <https://www.kpmg.com/CN/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/Global-Manufacturing-Outlook-O-201506.pdf>

36. Княгинин В. Н. Основные тренды в новом поколении производственных технологий // Материалы к выступлению на расширенном заседании рабочей группы Экономического совета при Президенте РФ по направлению «Отраслевая и инфраструктурная политика». М.: Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». 10.06.2013. URL: <http://tboil.ru/tboilevents/files/eventfiles/51/Лекция%20Княгинина.pdf>

37. Дежина И., Пономарев А. Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности. *Форсайт*. 2014. Т. 8. № 2. С. 16– 29.

38. Публичный аналитический доклад по развитию новых производственных технологий/Сколковский институт науки и технологий. 22.10.2014 г. 203 с. URL: <http://isicad.ru/ru/pdf/ReportSkolkovo2014.pdf>

39. Матюшенко І. Ю. Технологічна конкурентоспроможність України в умовах нової промислової революції і розвитку конвергентних технологій. *Проблеми економіки*. 2016. № 1. С. 108–120.

40. Матюшенко І. Ю. Передові (конвергентні) технології як фактор розвитку нової промислової революції // Міжнародний бізнес як фактор розвитку: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Харків, 21 квітня 2016 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2016. С. 29–39. 160 с.

41. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Передові виробничі технології – ключ до якісної трансформації і зростання високотехнологічного експорту України до 2030 року. *Бізнес Інформ*. 2016. № 3. С. 32–43.

42. Матюшенко І. Ю., Михайлова Д. О. Основні напрямки реалізації спільної політики ЄС в галузі досліджень і технологій при реалізації стратегії «Європа 2020». *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2014. Вип. 2. С. 102–107.

43. Research and development expenditure (% of GDP) // Data. The World bank. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>

44. High-technology exports (% of manufactured exports) // Data. The World bank. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/TX.VAL.TECH.MF.ZS/countries>

45. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Високотехнологічні галузі як основа конкурентоспроможності економік країн світу // Конкурентоспроможність: проблеми науки та практики: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2007. С. 81–101.

46. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Чередник В. І. Високотехнологічний сектор економіки України та країн світу: стан і тенденції розвитку. *Проблеми економіки*. 2009. № 3. С. 3–17.

47. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Хаустова В. Є. та ін. Можливості і загрози від членства України в СОТ у зовнішній торгівлі продукцією високотехнологічних галузей в умовах співпраці з країнами ЄС і Митного союзу ЄврАзЕС. *Проблеми економіки*. 2014. № 1. С. 7–26.

48. Матюшенко І. Ю., Костенко Д. М. Перспективи розвитку торгівлі високотехнологічними товарами у світі та Україні. *Бізнес Інформ*. 2012. № 8. С. 103–114.

49. Оцінка наслідків членства України у Світовій організації торгівлі: монографія/за заг. ред. проф. М. О. Кизима, проф. І. Ю. Матюшенка. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2014. 212 с.

50. Международная стандартная торговая классификация. Департамент по экономическим и социальным вопросам. Статистический отдел. Статистические документы, Серия М, № 34/Rev. 4. URL: http://unstats.un.org/unsd/publication/SeriesM/SeriesM_34rev4r.pdf

51. National Science Board // Science and Engineering Indicators 2016. URL: <http://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/#/data/appendix>
52. База даних ООН з міжнародної статистики торгівлі товарами International trade statistics yearbook 2007–2014. URL: <http://comtrade.un.org/pb/first.aspx>
53. United Nations Commodity Trade Statistics Database. URL: <http://comtrade.un.org/db/mr/rfCommoditiesList.aspx?px=S4&cc=>
54. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
55. Салівон С. У топ-10 експортованих товарів у 2015 році найбільш високотехнологічна продукція – кабель // Федерація роботодавців України. 29.02.2016. URL: <http://www.fru.org.ua/ua/media-center/blogs/salivon/u-top-10-eksportovanykh-tovariv-u-2015-rotsi-naibilsh-vysokotekhnolohichna-produksiia-kabel>
56. Салівон С. ТОП-10 імпорту в Україну у 2015 році очолюють енергоресурси // Федерація роботодавців України. 11.03.2016. URL: <http://www.fru.org.ua/ua/media-center/blogs/salivon/top-10-importu-v-ukrainu-u-2015-rotsi-ocholiuiut-enerhoresursy>
57. Еванс Д. Десять технотрендов, которые в ближайшее десятилетие изменят мир. *Експерт*. 26.12.2011. № 49–50. С. 56.
58. Charney H. Extreme and exponential – the attributes of the digital age. Cisco. Nov. 17, 2015. URL: http://www.cisco.com/assets/global/RU/events/cisco-connect/presentation/kon2/17/09_55_10_40.pdf
59. Десять научных проблем и открытий десятилетия. *Експерт*. 28.12.2009. № 50. С.62.
60. Нанотехнологии толкают мир к технологической революции. URL: <http://www.podrobnosti.ua>
61. 10 Breakthrough Technologies 2011 // MIT Technology Review. 2011. URL: http://www2.technologyreview.com/tr10/?year=2011&_ga=1.254577483.236098149.1461756127
62. 10 Breakthrough Technologies 2012 // MIT Technology Review. 2012. URL: http://www2.technologyreview.com/tr10/?year=2012&_ga=1.147311604.236098149.1461756127
63. 10 Breakthrough Technologies 2013 // MIT Technology Review. 2013. URL: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2013/>
64. 10 Breakthrough Technologies 2014 // MIT Technology Review. 2014. URL: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2014/>
65. 10 Breakthrough Technologies 2015 // MIT Technology Review. 2015. URL: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2015/>
66. 10 Breakthrough Technologies 2016 // MIT Technology Review. 2016. URL: <https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2016/>

67. Innovation Convergence Unlocks New Paradigms. The Changing Landscape of Disruptive Technologies // KPMG. 2015. URL: <https://techinnovation.kpmg.chaordix.com/static/docs/TechInnovation2015-Part2.pdf>

68. Апокин А. Ю., Белоусов Д. Р. Сценарии развития мировой и российской экономики как основа для научно-технологического прогнозирования. *Форсайт*. 2009. Т. 11, № 3. С. 12–29.

69. Белоусов Д. Р., Сухарева И. Р., Фролов А. С. Метод «картирования технологий» в поисковых прогнозах. *Форсайт*. 2012. Т. 6, № 2. С. 6–16.

70. Дежина И. Г. Передовые производственные технологии: место России. *Экономическое развитие России*. 2014. № 2. С. 42–45.

71. Форсайт економіки України: середньостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти/наук. кер. проекту М. З. Згуровський; Міжнародна рада за науки (ISCU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 136 с.

72. ISCU Strategic Plan II, 2012–2017 (including a summary of progress made in implementing the Strategic Plan I, 2006–2011) // International Council for Science. Paris: ISCU, 2011. 56 p. URL: <http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/icsu-strategic-plan-2012-2017/icsu-strategic-plan>

73. Ben M. Technology foresight in a rapidly globalizing economy. Brighton, 2001. 18 p. URL: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=Fac-BRM-UNIDO-TF&site=25>.

74. Silbergliitt R., Anton P., Howell D. The Global Technology Revolution, In-Depth Analyses. Bio/Nano/ Materials/Information Trends, Drives, Barriers, and Social Implications (Prepared for the National Intelligence Council) // Rand Corp. 2006. 316 p. URL: http://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/technical_reports/2006/RAND_TR303.pdf

75. 20 forecasts for 2010-2025 // World Future Society URL: <http://innovation-finance.altran.fr/news/the-world-future-society-forecasts-for-2010-2025>

76. Scenarios for future scientific and technological development countries 2005-2015 // European Commission Community Research, Report. March, 2006. URL: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/foresight/docs/ntw_scenarios2_report_en.pdf

77. Mu Rongping et al. Technology foresight towards 2020 in China: the practice and its impacts. *Technology Analysis & Strategic Management*. 2008. Vol. 20. P. 287–307.

78. The Global Innovation Index 2012, 2013, 2014, 2015, 2016. – Cornell University, INSEAD, WIPO, 2012-2016: Ithaca, Fontainebleau, and Geneva: official website. URL: <http://www.globalinnovationindex.org>

79. Eurostat: official website. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/main>
80. Матюшенко І. Ю. Методичний підхід до оцінки інноваційного потенціалу України як передумови реалізації четвертої промислової революції і асоціації з ЄС. *Бізнес Інформ*. 2016. № 10. С. 85–93.
81. Матюшенко І. Ю. Оцінка переваг і недоліків умов створення та рівня й умов реалізації інноваційного потенціалу України в умовах нової промислової революції та інтеграції з ЄС. *Управління розвитком*. 2016. № 2. С. 74–83.
82. The Innovation Union Scoreboard report – 2013, 2014, 2015 // European Commission. URL: http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/facts-figures-analysis/innovation-scoreboard/index_en.htm
83. The Global Information Technology Report // World Economic Forum, 2016. URL: www.weforum.org/gitr
84. Grossman G., Helpman E. Innovation in the Theory of Growth. *The Journal of Economic Perspectives*. 1994. Vol. 8, № 1. P. 23–44.
85. Uriona M. Modeling Innovation Systems: A Systematic Review of the literature // The 9th GLOBELICS International Conference 15-17 November 2011. URL: <http://www.ungs.edu.ar/globelics/wp-content/uploads/2011/12/ID-14-Maldonado-Innovation-and-economic-growth.pdf>.
86. Kunc M. System Dynamics and Innovation: A complex problem with multiple levels of analysis // The 30th International Conference of the System Dynamics Society, St. Gallen, Switzerland July 22 – July 26, 2012.
87. Uriona M., Pietrobon R., Varvakis G., Carvalho E. A Preliminary Model of Innovation Systems // The 30th International Conference of the System Dynamics Society, St. Gallen, Switzerland July 22 – July 26, 2012.
88. Yun Jin Hyo, Dong Kyu Won, Byung Yong Hwang, WooYoung Jung, Dong-Hwan Kim. Exploration of the Effects of Open Innovation Policies on National Innovation Systems through System Dynamics Simulation // The 31th International Conference of the System Dynamics Society, Cambridge, Massachusetts, USA – July 21–25, 2013.
89. Матюшенко І. Ю. Імітаційна модель науково-інноваційного розвитку економіки України в умовах четвертої промислової революції та асоціації з ЄС. *Бізнес Інформ*. 2016. № 11. С. 70–76.
90. Шликова В. О. Сценарний підхід до оцінки впливу науково-інноваційної діяльності на економіку України. *Моделювання регіональної економіки: зб. наук*. 2014. № 1 (23). С. 358–365.
91. Матюшенко І. Ю. Сценарії розвитку науково-інноваційного потенціалу в умовах нової промислової революції. *Проблеми економіки*. 2016. № 4. С. 57–71.

92. Schultz T. Investment in human capital. *American Economic Review*. 1987. Vol. 77. P. 1–17.
93. Малицький Б. А., Попович О. С., Онопрієнко М. В. Обґрунтування системи науково-технологічних та інноваційних пріоритетів на основі «форсайтних» досліджень. Київ: Фенікс, 2008. 86 с.
94. Технологічний імператив стратегії соціально-економічного розвитку України: монографія/за ред. Л. І. Федулової. Київ, 2011. 655 с.
95. Науково-технічна діяльність: потенціал, результативність, проблеми комерціалізації результатів наукових досліджень: монографія/Український інститут науково-технічної експертизи та інформації; Т. В. Писаренко, Т. К. Куранда, В. М. Євтушенко, Н. І. Вавіліна, Т. О. Іващенко. Київ, 2011. 224 с.
96. Інноваційна та науково-технічна сфера: монографія/під заг. ред. Б. В. Гриньова; Д. В. Чеберкус, В. С. Шовкалюк, А. В. Ямчук, Т. В. Писаренко, Т. К. Куранда. Київ: НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «ПОЛІТЕХНІКА», 2012. 88 с.
97. Сидельников Ю. В., Шалышкин М. И., Шевыренков М. Ю. Обзор зарубежных сценарных прогнозов и форсайтов: инструменты информационного управления. *Управление большими системами*. 2014. Вып. 51. С. 27–62.
98. Соколов А. В., Чулок А. А. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года: ключевые особенности и первые результаты. *Форсайт*. 2012. Т.6, № 1. С. 12–25.
99. Форсайт в Україні: сайт. URL: http://www.uintai.kiev.ua/foresight/ua/ua_foresight.php
100. Кваша Т. К., Кушнир А. Л. Проведение Форсайта и трансфера технологий в Украине // Материалы V Международного Форума «От науки к бизнесу «Современные подходы взаимодействия ВУЗов с наукоемким бизнесом». СПб.: Изд-во ISBN, 2011. С. 110–113.
101. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Шостак І. В., Данова М. О. Форсайт-прогнозування пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій і наноматеріалів у країнах світу й Україні: монографія. Харків: ВД «НЖЕК», 2015. 272 с.
102. Матюшенко І. Ю., Шостак І. В., Данова М. О. Підхід до автоматизації методології форсайт з визначення науково-технологічних пріоритетів наноіндустрії. *Проблеми економіки*. 2014. № 2. С. 121–131.
103. Shostak I., Matyushenko I., Danova M. Results of Foresight-Research of Development Nanotechnology Industry for the Next Economy in Ukraine. *British Journal of Economics, Management & Trade*. 2016. Vol. 11 (1). P. 1–15. <http://sciencedomain.org/issue/1464> (ISI Web of Science; DOI: 10.9734/BIEMT/2016/20562)

104. Popper R. Wild cards and weak-signals informing and shaping research and innovation policy // Fourth international Seville conference on future-oriented technology analysis (FTA): FTA and Grand Societal Challenges – shaping and driving structural and systemic transformations (Seville, 12–13 May 2011). 246 p. P. 211–215.

105. Georghiou L., Cassingena Harper K., Keenan M., Popper R. The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice // Edward Elgar Publishing, 2008. URL: <http://www.e-elgar.com/shop/eep/preview/book/isbn/9781781008768/>

106. The OECD Innovation Strategy. Getting a Head Start on Tomorrow // OECD, Paris. 2010. 226 p.

107. OECD Innovation Strategy 2015. An Agenda for Policy Action // Meeting of the OECD Council at Ministerial Level. Paris. 3–4 June 2015. 18 p.

108. Kodama F. Technology Fusion and the new R & D. *Harvard Business Review*. 1992. July-August. P. 70–78.

109. Keenan M., Popper R. Comparing Foresight 'Style' in Six World Regions. *Foresight*. 2008. Vol. 10 (6). URL: www.researchgate.net/publication/228918104_Comparing_foresight_style_in_six_world_regions

110. Kuhlmann S. et al. Improving Distributed Intelligence in Complex Innovation Systems. Final report/Advanced Science and Technology Policy Planning Network (ASTPP). Karlsruhe: Fraunhofer Institute, 1999. 89 p.

111. Foresight and Optimisation in Horizon 2020 // RAND Europe. URL: <http://www.rand.org/randeurope/research/projects/foresight-optimisation-horizon-2020.html>

112. Foresight Services to support strategic programming within Horizon 2020/[H.R. Schindler, S. Gunashekar, J. Cave, J. Shahin]; RAND Europe for the European Commission Directorate-General for Communications Networks, Content & Technology (DG CONNECT) under Framework Contract № SMART 2012/0101, Participative development of interdisciplinary research and innovation (SMART № 2014/0001). Oct. 28, 2014. 187 p. URL: <http://dare.uva.nl/document/2/155973>

113. Global Trends 2010 // National Intelligence Council. November 1997. URL: <http://www.dni.gov/index.php/about/organization/national-intelligence-council-global-trends/global-trends-2010>

114. Global Trends 2015: A dialog about the future with nongovernment experts // National Intelligence Council. December, 2000. 51 p. URL: <http://www.internet.cia/publications/globaltrends2015/index.html>

115. Global Trends 2020: Mapping the Global Future // National Intelligence Council. December, 2004. 123 p. URL: http://www.dni.gov/files/documents/Global%20Trends_Mapping%20the%20Global%20Future%202020%20Project.pdf

116. GlobalTrands2025: A Transformed World [Electronic resource] // National Intelligence Council. November, 2008. 120 p. URL: <http://www.aicpa.org/research/cpahorizons2025/globalforces/downloadabledocuments/globaltrends.pdf>

117. Global Trands 2030: Alternative Worlds // National Intelligence Council. December, 2012. 166 p. URL: <http://globaltrends2030.files.wordpress.com/2012/11/global-trends-2030-november2012.pdf>

118. European Forward Looking Activities. EU Research in Foresight and Forecast. Socio-economic Sciences and Humanities. List of Activities 2007–2010 // European Commission. Brussels. 2010. 56 p.

119. European forward-looking activities: Building the future of 'Innovation Union' and ERA // European Commission. Brussels. 3 March 2011. 64 p.

120. European Union research in foresight Seventh EU research framework programme (2007–13). Socio-economic sciences and humanities // European Commission. Brussels. 2014. 78 p.

121. Keenan M., Abbot D., Scapolo F., Zappacosta M. Mapping Foresight Competence in Europe: The EUROFORE Pilot Project // IPTS Technical Report Series, EUR 20755 EN. Seville, Spain. June 2003. 92 p.

122. Mapping Foresight Revealing how Europe and other world regions navigate into the future. EUR 24041 EN // European Commission; R. Popper. Luxembourg: Publications Office of the European Union, European Commission. November 2009. 131 p.

123. Implementation of Member States – European Commission Cooperation in Forward Looking Activities. Policy Brief № 17 // European Forum on Forward Looking Activities – EFFLA. 2012. URL: https://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/expert-groups/effla-reports/effla_pb_17_-_implementation_of_member_states_-_ec_cooperation_in_forward_looking_activities.pdf

124. The role of forward-looking activities for the governance of Grand Challenges. Insights from the European Foresight Platform // European Commission; AIT Austrian Institute of Technology. Austria. September, 2012. URL: http://www.foresight-platform.eu/wp-content/uploads/2012/06/EFP-Publikation-V4_Gesamt.pdf

125. The Engagement of Member States (MS) in Forward Looking Activities (FLA) at EU-level. EFFLA-commissioned Report/EFFLA; J. C. Harper. December 2013. URL: <http://espas.eu/orbis/sites/default/files/generated/document/en/13%20EFFLA%20Study%20-%20Harper%20-%20Engagement%20of%20Member%20States.pdf>

126. Hassani H., Heravi S., Zhigljavsky A. Forecasting UK Industrial Production with Multivariate Singular Spectrum Analysis. *Journal of Forecasting*. 2013. Vol. 32. P. 395–408.

127. Loveridge D., Georghiou L., Neveda M. United Kingdom Foresight Programme. Manchester: PREST, 2001. 200 p.

128. Georghiou L. The UK Technology Foresight Programme. *Futures*. 1996. Vol. 28 (4). P. 359–377.

129. Шелюбская Н. В. «Форсайт» – новый механизм определения приоритетов государственной научно-технической политики. *Проблемы теории и практики управления*. 2004. № 2. С. 60–65.

130. Clar G., Acheson H., Hafner-Zimmermann S., Sautter B., Buczek M., Strategic Policy Intelligence Tools – A Guide. Enabling better RTDI policy-making in Europe's regions. Stuttgart-Berlin: Steinbeis-Edition. 2008. 50 p.

131. Cuhls K., Georghiou L., Harper J. Foresight in Germany // The Handbook of Technology Foresight. *Cheltenham: Edward Elgar*, 2008. P. 131–152.

132. FUTUR – German Research Dialogue. A new perspectives into the existing BMBF research // Federal Ministry of Education and Research. URL: <http://www.futur.de>

133. FUTUR – the German Research Dialogue // For-Learn; European Commission. URL: http://forlearn.jrc.ec.europa.eu/guide/7_cases/futur.htm

134. Lyrette J. Building an APEC Technology Foresight Network // The approach to and the potential for New Technology Foresight: release International conference on technology foresight. Tokyo, 2001. URL: <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ie.html>

135. Japan Science and Technology Agency. URL: <http://www.jst.go.jp/EN/>

136. Kuwahara T. Technology Foresight in Japan – The Potential and Implications of DELPHI Approach. URL: <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/mat077e/html/mat077ee.html>

137. The 8th Science and Technology Foresight Survey – Delphi Analysis // Science and Technology Foresight Center; National Institute of Science and Technology Policy; Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan. May 2005. URL: <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/rep097e/idx097e.html>

138. Contribution of Science and Technology to Future Society. Summary on the 9th Science and Technology Foresight // Science and Technology Foresight Center; National Institute of Science and Technology Policy; Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan. December 2010. 137 p.

139. Jonston R., Cagnin C. The influence of future-oriented technology analysis: Addressing the Cassandra challenge. *Futures*. 2011. Vol. 43. P. 313–316.

140. Поппер Р. Мониторинг исследования будущего. *Форсайт*. 2012. Т. 6, № 2. С. 56–75.

141. Кизим Н. А., Матюшенко И. Ю. Перспективные направления финансирования научно-технической и инновационной деятельности // Налогообложение: проблемы науки и практики 2007: монография. Харьков: ИД «ИНЖЭК», 2007. С. 116–143.

142. Матюшенко І. Ю. Співвідношення глобальних проблем людства, пріоритетів науково-технічної діяльності та національних проєктів в Україні. *Бізнес Інформ*. 2011. № 4. С. 7–11.

143. Матюшенко І. Ю. Проблема визначення пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій в рамках пріоритетів розвитку науки і техніки в Україні. *Проблеми економіки*. 2011. № 2. С. 14–25.

144. Матюшенко І. Ю. Вибір пріоритетів державних цільових програм розвитку промисловості в країнах світу і в Україні // Актуальні проблеми міжнародних економічних відносин: матеріали VIII наук.-практ. конф. (м. Харків, 5 квітня 2013 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2013. С. 168–176.

145. Матюшенко І. Ю. Врахування технологічних пріоритетів при розробці стратегій інвестування на прикладі країн MIST і України // Организационно-экономические проблемы регионального развития в современных условиях: материалы Всеукр. науч.-практ. конф. (19–20 апреля 2013 г.). Симферополь: ТНУ им. В. И. Вернадского, 2013. С. 173–176.

146. Матюшенко І. Ю. Відповідність пріоритетів державної програми активізації економіки Україна на 2013–2014 рр. світовим тенденціям технологічного розвитку // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 23–24 травня 2013 р.). Харків: ФОП Александра К. М.; ВД «НЖЕК», 2013. С. 183–191.

147. Про основи державної політики у сфері науки і науково-технічної діяльності: закон України від 13.12.1991 № 1977 // Збірник законодавчих і нормативних актів України в сфері науки і науково-технічної діяльності. Київ: УкрІНТЕІ, 1997. 1630 с.

148. Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки: закон України від 11.07.2001 № 2623-III // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. 2001. № 48. Ст. 253.

149. Маліцький Б. А., Попович О. С., Соловйов В. П. Перспективні напрями науково-технологічного та інноваційного розвитку України (Результати першого етапу прогностно-аналітичного дослідження в рамках Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку на 2004 – 2006 роки). Київ: Фенікс, 2006. 208 с.

150. Зведений прогноз науково-технологічного та інноваційного розвитку України на найближчі 5 років та наступне десятиліття. Київ: Фенікс, 2007. 152 с.

151. Маліцький Б. А., Попович О. С., Онопрієнко М. В. Обґрунтування системи науково-технологічних та інноваційних пріоритетів на основі «форсайтних» досліджень. Київ: Фенікс, 2008. 86 с.

152. Про затвердження Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008 – 2012 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.2007 № 1118 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/704-2011-%D0%BF>

153. Кваша Т. К., Мусіна Л. А., Писаренко Т. В. Державна програма прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008 – 2009 рр.: підсумки 2008-го. *Світ*. 2009. № 17–18.

154. Якимчук А. В., Кваша Т. К. Результати виконання I етапу Державної програми прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008 – 2012 рр. // Матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Львів, 2–3 квітня 2009 р.). Львів: ЛьвЦНТЕІ, 2009. С. 70–74.

155. Про скорочення кількості та укрупнення державних цільових програм: постанова Кабінету Міністрів України від 22.06.2011 № 704 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1118-2007-%D0%BF>

156. Про внесення змін до закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»: закон України від 01.06.2010 № 2296-VI // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://www.rada.gov.ua/news/Novyny/Povidomlennya/31500.html>

157. Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2015 року: постанова Кабінету Міністрів України від 07.09.2011 № 942 (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/942-2011-p>

158. Про наукову і науково-технічну діяльність: закон України від 26.11.2015 № 848-VIII // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/848-19>

159. Перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок: постанова Бюро Президії НАН України від 31.01.08 № 23 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www.nas.gov.ua/infrastructure/Legaltexts/ResearchTopics/2008>

160. Про інноваційну діяльність: закон України від 04.07.2002 № 40-IV (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/40-15>

161. Про Загальнодержавну комплексну програму розвитку високих наукоємних технологій: закон України від 09.04.2004 № 1676-IV // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1676-15>

162. Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні: закон України від 08.09.2011 № 3715-VI (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2623-14>

163. Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2012-2016 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 12.03.2012 № 294 (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/294-2012-%D0%BF>

164. Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності галузевого рівня на 2012-2016 роки: постанова Кабінету Міністрів

України від 17.05.2012 № 397 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/397-2012-%D0%BF>

165. Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій: закон України від 14.09.2006 № 143-V (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/143-16>

166. Про схвалення Концепції реформування державної політики в інноваційній сфері: розпорядження Кабінету Міністрів України від 10.09.2012 № 691-р // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/691-2012-p>

167. Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків: закон України від 16.07.1999 № 991-XIV (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/991-14>

168. Про наукові парки: закон України від 25.06.2009 № 1563-VI (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1563-17>

169. Про індустриальні парки: закон України від 21.06.2012 № 5018-VI (зі змін.) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5018-17>

170. Кваша Т. К., Паладченко О. Ф. Моніторинг реалізації пріоритетів інноваційної діяльності в Україні. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2015. № 4/5 (24). С. 84–88.

171. Інформаційно-аналітична продукція УкрІНТЕІ. URL: http://www.uintai.kiev.ua/foresight/ua/info_analit_production.php

172. Аналітична доповідь до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України у 2015 році». Київ: НІСД, 2015. 684 с.

173. Асеев А. Л. Нанотехнологии и наноматериалы // Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам/под ред. П. П. Мальцева. М.: Техносфера, 2005. 592 с.

174. Алферов Ж. И., Копьев П. С., Сурсис Р. А. Наноматериалы и нанотехнологии // Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам/под ред. П. П. Мальцева. М.: Техносфера, 2005. 592 с.

175. Кейси П. Технологии наночастиц и их применение // Наноструктурные материалы/под ред. Р. Ханнинка, А. Хилл. М.: Техносфера, 2009. 488 с.

176. Рагуля А. В., Крячек В. М. Развитие нанонаук и нанотехнологий в Украине на перспективу до 2020 г. *Наука і наукознавство*. 2006. № 3. С. 43–49.

177. Ляшенко В. И. Жихарев И. В., Павлов К. В., Бережная Т. Ф. Большая книга о малом наномире: монография. Луганск: Альма-матер, 2008. 531 с.

178. Пономаренко В. С., Назаров Ю. Ф., Свідерський В. П., Ібрагімов І. М. Нанотехнологія та її інноваційний розвиток: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2008. 280 с.

179. Чекман І. С. Нанонаука: перспективи наукових досліджень. *Наука та інновації*. 2009. Т. 5, № 3. С. 89–93.

180. Пустовалов В. К. Развитие нанотехнологий – один из возможных путей выхода из мирового экономического кризиса // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики в контексте преодоления мирового финансового кризиса: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф. по инновационной деятельности. Киев-Симферополь-Алушта, 2009. С. 261–264.

181. Бойко Н. М. Особливості розвитку нанотехнологій в Україні // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: Региональное инновационное развитие: политика, управление, законодательство: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Алушта, 13–18 сентября 2010 г.). Алушта, 2010. С. 28–31.

182. Андрощук Г. О., Якимчук А. В., Березняк Н. В. Нанотехнології у XXI столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження: монографія. Київ: УкрІНТЕІ, 2011. 275 с.

183. Кваша Т. К. Нанотехнології та нанодослідження в Україні та інших країнах світу // Трансфер технологій та інновації: бізнес, влада, регіони: матеріали V Міжнародного Форуму (Київ, 15–16 грудня 2011 р.). Київ, 2011. С. 92–93.

184. Кваша Т. К. Научные исследования и имеющиеся технологии в сфере нано в Украине // Коммерциализация наукоемких технологий: опыт регионов, роль вузов: материалы VI Международного Форума «От науки к бизнесу». СПб.: Изд-во ISBN, 2012. 326 с.

185. Ткачова О. А. Оцінка рівня розвитку вітчизняної нанотехнологічної сфери: методологічні аспекти. *Ефективна економіка*. 2015. № 11. URL: http://www.economy.nauka.com.ua/pdf/11_2015/81.pdf

186. Матюшенко І. Ю. Общие перспективы развития нанотехнологий // Социально-экономическое развитие Украины и ее регионов: проблемы науки и практики 2011: монография. Харьков: ФЛП Александрова К. М., ИД «ИНЖЭК», 2011. С. 79–128.

187. Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в Україні // Ліберманівські читання 2011: економічна спадщина та сучасні проблеми: монографія. Харків: ФОП Павленко О. Г., ВД «ІНЖЕК», 2011. С. 306–331.

188. Матюшенко І. Ю. Перспективи комерціалізації нанотехнологій в різних отраслях економіки. *Бизнес Информ*. 2011. № 9. С. 34–46.

189. Матюшенко І. Ю. Перспективи комерціалізації нанотехнологій в різних отраслях економіки (продолжение). *Бизнес Информ*. 2011. № 10. С. 30–40.

190. Матюшенко І. Ю., Вовк В. А., Моисеєнко Ю. Н. Перспективи розвитку нанотехнологій в Росії. *Бизнес Інформ*. 2011. № 6. С. 17–25.

191. Матюшенко І. Ю., Моисеєнко Ю. Н. Направлення розвитку нанотехнологій в країнах Європи та Японії. *Бизнес Інформ*. 2011. № 7 (2). С. 43–50.

192. Матюшенко І. Ю., Моисеєнко Ю. Н. Развитие нанотехнологий в США // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XVI Международ. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 12–16 сентября 2011 г.). Симферополь: ИТ АРИАЛ, 2011. С. 424–443.

193. Матюшенко І. Ю., Чередник В. І. Перспективи комерціалізації нанотехнологій у світі та в Україні // Конкурентоспроможність та інноваційний розвиток України: проблеми науки та практики: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (Харків, 22–23 листоп. 2011 р.). Харків: ФОП Александра; ВД «ІНЖЕК», 2011. С. 125–129.

194. Матюшенко І. Ю., Моисеєнко Ю. Н., Бунтов І. Ю. Основные элементы национальных систем поддержки и развития нанопромышленности в ведущих странах мира // Управление инновациями – 2012: материалы Международ. науч.-практ. конф. ИПУ РАН (Москва, 19–21 ноября 2012 г.). М.: ЛЕНАНД, 2012. С. 46–48.

195. Матюшенко І. Ю., Моисеєнко Ю. М. Порівняльна характеристика державних програм підтримки нанотехнологій у провідних країнах світу та Україні // Ліберманівські читання 2012: економічна спадщина та сучасні проблеми: монографія. Харків: ФОП Павленко О. Г., ВД «ІНЖЕК», 2012. С. 169–182.

196. Структура Комплексної програми фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали та нанотехнології за напрямками у період 2003–2006 рр. URL: http://www.nanotech.nas.gov.ua/2003_2006/Pages/default.aspx

197. Структура Комплексної програми фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали та нанотехнології за напрямками у період 2007–2009 рр. URL: <http://www.nanotech.nas.gov.ua/Activity/ScientificEffort/ComplexProgram/Pages/01.aspx>

198. Концепція Комплексної програми фундаментальних досліджень «Наноструктурні системи, наноматеріали та нанотехнології за напрямками у період 2007–2009 рр. URL: <http://www.nanotech.nas.gov.ua/Activity/ScientificEffort/ComplexProgram/Pages/01.aspx>

199. Про виконання цільової програми фундаментальних досліджень НАН України «Наноструктурні системи, наноматеріали та нанотехнології за 2007–2009 рр.: постанова НАН України від 05.05.2010 № 129 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://nauka.kiev.ua/index.php/ru/men35/men352>

200. Концепція цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2010–2014 рр.: постанова Президії НАН України від 05.05.2010 № 129 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/100505_129_concept.pdf

201. Концепція цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2015–2019 рр.»: постанова Президії НАН України від 02.07.2014 № 160 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/Conception_NANO_2015-2019.pdf

202. Структура цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2015–2019 роки: розпорядження Президії НАН України від 20.02.2015 № 88 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www.nas.gov.ua/text/pdfNews/Structure_NANO_2015-2019.pdf

203. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 рр.: постанова Кабінету Міністрів України від 28.10.2009 № 1231 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/331-2009-%D1%80>

204. Концепція Державної цільової науково-технічної програми «Нанотехнології та наноматеріали» на 2010–2014 рр. URL: <http://www.nano.nas.gov.ua/UA/nasu/nanoprogramms/Pages/WorkingGroup.aspx>

205. Концепція розвитку Національної академії наук України на 2014–2023 рр. (Проект): рішення Президії НАН України від 11.12.2013 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www.nas.gov.ua/tradeunion/news/Documents/koncepciya_www.pdf

206. Малицький Б. А., Попович О. С., Соловйов В. П. Методичні рекомендації щодо проведення прогнозно-аналітичного дослідження в рамках Державної програми прогнозування науково-технологічного та інноваційного розвитку України. Київ: Фенікс, 2004. 52 с.

207. Афоничкин А. И., Михаленко Д. Г. Управленческие решения в экономических системах. СПб.: Питер, 2009. 480 с.

208. Постников В. М. Анализ подходов к формированию состава экспертной группы, ориентированной на подготовку и принятие решений. *Наука и образование*. 2012. № 5. С. 333–344.

209. Зерний Ю. В., Поливаний А. Г., Якушин А. А. Управление качеством в приборостроении. М.: Новый центр, 2011. 479 с.
210. Кошелев О. С., Люшин И. О., Федоров О. В. Управление проектами. М.: КНОРИС, 2011. 254 с.
211. Чернышева Т. Ю. Модель многокритериальной оценки экспертов. *Альманах современной науки и образования*. 2008. № 9 (16). С. 242–245.
212. Бешелев С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974. 160 с.
213. Duasa J., Ahmad N., Ibrahim M., Zainal M. Forecasting inflation in Malaysia. *Journal of Forecasting*. 2010. Vol. 29. P. 573–594.
214. Воверене О. И. Библиометрия – структурная часть методологии информатики потоков. *Научная и техническая информация*. 1985. Сер. 1, № 7. С. 1–5.
215. Налимов В. В., Мульченко З. М. Наукометрия. Изучения развития науки как информационного процесса. М.: Наука, 1969. 192 с.
216. Скорняков Э. П., Омарова Т. Б., Чельшева О. В. Методические рекомендации по проведению патентных исследований. М.: ИНИЦ Роспатента, 2000. 87 с.
217. Рубрикатор науково-технічної інформації ДК 022:2008 від 01.07.2009. URL: http://lawburo.ucoz.ua/index/rubrikator__naukovo_tekhnichnoji_informaciji_rubrikator_nti/0-140
218. Ильенкова С. Д., Кузнецов В. И., Ягудин С. Ю. Инновационный менеджмент: учеб.-метод. комплекс. М.: МЭСИ. 2009. 192 с.
219. Опря А. Т. Статистика: навч. посіб. Київ: Центр учб. літ., 2012. 448 с.
220. Орлов А. И. Прикладная статистика. М.: Экзамен, 2006. 656 с.
221. Коваленко И. И., Швед А. В. Экспертные технологи поддержки принятия решений: монография. Николаев: Илион, 2013. 216 с.
222. Петровский А. Б. Теория принятия решений. М.: Академия, 2009. 400 с.
223. Поспелова И. И., Лотов Л. А. Многокритериальные задачи принятия решений. М.: МАКС Пресс, 2008. 197 с.
224. Мишин В. М. Исследование систем управления. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 527 с.
225. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
226. Алфимов М. В., Гохберг Л. М., Фурсов К. С. Нанотехнологии: определения и классификация. *Российские нанотехнологии*. 2010. Т. 5, № 7–8. С. 8–15.
227. Реферативна база даних «Україніка наукова» URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=REF_EX&P21DBN=REF&S21CNR=20&Z21ID=

228. Спеціалізована база даних «Винаходи (корисні моделі) в Україні» URL: <http://base.ukrpatent.org/searchINV/>
229. Life Sciences and Biotechnology – A Strategy for Europe // European Commission. 2002. URL: http://ec.europa.eu/biotechnology/pdf/com2002-27_en.pdf
230. Beuzekom B., Arundel A. OECD Biotechnology Statistics. Paris: OECD, 2006. С. 7.
231. Эхуд Г. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития/пер. с англ. А. Е. Соловченко; науч. ред. Н. Л. Клячко. М.: Науч. мир, 2011. 152 с.
232. Головин Ю. И. Введение в нанотехнику. М.: Машиностроение, 2007. 496 с.
233. OECD International Futures Program. URL: <http://www.oecd.org/futures/ifpublicationsandstudies.htm>
234. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Main findings and policy conclusions // OECD International Futures Project. 2009. URL: <https://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>
235. Matyushenko I., Khaustova, V. Modern trends on bioeconomy development in the world: the introduction of NBIC-technologies in biomedicine. *Integrated Journal of British*. 2015. Vol. 2 (2). P. 103–118.
236. Матюшенко І. Ю. Біоекономіка: медичні біотехнології в світі і Україні. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2014. № 9. С. 52–58.
237. Matyushenko I., Sviatukha I., Grigороva-Berenda L. Modern Approaches to Classification of Biotechnology as a Part of NBIC-Technologies for Bioeconomy. *British Journal of Economics, Management & Trade*. 2016. Vol. 14 (4). P. 1–14 (ISI Web of Science, DOI: 10.9734/VJEMT/2016/28151).
238. Кутько І. І., Матюшенко І. Ю. Перспективи конвергенції NBIC-технологій у медицині. *Новости медицины и фармацевтики*. 2013. № 11–12. С. 16–19.
239. Кутько І. І., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку біомедицини на основі NBIC-технологій в країнах світу і Україні. *Новости медицины и фармацевтики*. 2016. № 3. С. 16–19.
240. Уильямс Л., Адамс У. Нанотехнологии без тайн/пер. с англ. М.: Эксмо, 2009. 368 с.
241. Баллюзек Ф., Куркаев А., Сенте Л. Нанотехнологии для медицины. СПб.: Сезам-Принт, 2008. 104 с.
242. Уварова І. В., Максименко В. Б., Ярмола Т. М. Наноматеріали та їх використання у медичних виробках: навч. посіб. Київ: КІМ, 2013. 172 с.
243. Рынок нано: от нанотехнологий – к нанопродуктам/под. ред. Г. Л. Азоева. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 319 с.

244. Матюшенко І. Ю., Маханьова Ю. М., Костенко А. О. Перспективи комерційного використання нанобіотехнологій у сільськогосподарському виробництві України. *Бізнес Інформ*. 2012. № 9. С. 146–156.

245. Matyushenko I., Buntov I. Prospects on bio-economy development: biotechnology in agriculture and environmental safety on the basis of NBIC-technologies // ACTA Innovations. Lodz: RIC Pro-Akademia, 2015. № 17. URL: <http://www.proakademia.eu/acta-innovations/wydania/numery2015/nr-17/>

246. Уолкер Ш. Биотехнология без тайн. М.: Эксмо, 2008. 336 с.

247. Anto'n P. S., Silbergliit R., Schneider J. The Global Technology Revolution. Bio/Nano/ Materials Trends and Their Synergies with Information Technology by 2015 // Rand Corp.; National Defense Research Institute; National Intelligence Council. 2001. URL: http://www.rand.org/pubs/monograph_reports/MR1307.html

248. Перелік найважливіших напрямів наукових досліджень і розробок: постановва Бюро Президії НАН України від 31.01.08 №23 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www.nas.gov.ua/infrastructure/Legaltexts/ResearchTopics/2008>

249. Matyushenko I., Moiseenko Yu. Outlook on bioeconomy development in Ukraine: introduction of molecular and cell biotechnologies in 2010–2013. *International Journal of Economics, Commerce and Management*. 2015. Vol. 3 (5). P. 764–772.

250. Sviatukha I. A., Matyushenko I. Yu. Bioeconomy in Ukraine: challenges to the emerging industry. International scientific conference From the Baltic to the Black Sea: National Models of Economic Systems // Conference Proceedings, Part 1. – Riga: Baltija Publishing, 2016. 356 p. P. 80–84.

251. Матюшенко І. Ю. Перспективи застосування молекулярних і клітинних технологій в медицині України // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 14–15 листоп. 2014 р.). Харків: ВД «ІНЖЕК», 2014. С. 378–389.

252. Про підсумки діяльності Секції хімічних і біологічних наук НАН України у 2004–2008 роках: постановва Президії НАН України від 11.03.2009 № 65 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2009/regulations/OpenDocs/090311_65.pdf

253. Про затвердження цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України «Фундаментальні основи молекулярних та клітинних біотехнологій» на 2010–2014 роки: постановва Президії НАН України від 07.07.2010 № 222 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/Pages /222.aspx>.

254. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2008 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2009. Ч. 2. 218 с.

255. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2009 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2010. Ч. 2. 192 с.

256. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2010 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2011. Ч. 2. 194 с.

257. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2011 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2012. Ч. 2. 198 с.

258. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2012 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2013. 564 с.

259. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2013 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2014. 560 с.

260. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2014 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2015. 536 с.

261. Звіт про діяльність Національної Академії наук України у 2015 році // НАН України. Київ: Академперіодика, 2016. 556 с.

262. Про підсумки виконання цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України «Фундаментальні основи молекулярних та клітинних біотехнологій» за 2010–2014 рр.: постанова Президії НАН України від 11.02.2015 № 22 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www.nas.gov.ua/legaltexts/DocPublic/P-150211-22-0.pdf>

263. Про стан виконання комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Дослідження у галузі сенсорних систем та технологій»: постанова Президії НАН України від 31.01.2007 № 23 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/Pages/23.aspx>

264. Концепція комплексної науково-технічної програми «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб»: додаток 2 до Постанови Президії НАН України від 09.12.2009 № 322 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2009/regulations/OpenDocs/091209_322_conception.pdf

265. Про виконання комплексної науково-технічної програми «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб»: постанова Президії НАН України від 09.12.2009 № 322 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2009/regulations/OpenDocs/091209_322.pdf

266. Про виконання комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб»: постановва Президії НАН України від 29.11.2012 № 242 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2012/regulations/OpenDocs/121129_242.pdf

267. Концепція комплексної науково-технічної програми «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація» на 2013–2017 рр.: додаток 2 до Постанови Президії НАН України від 29.11.2012 № 242 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2012/regulations/OpenDocs/121129_242_d2.pdf

268. Matyushenko I., Moiseienko Yu., Khanova O. Prospects for constructing nano-bio-economics in Ukraine: using sensor systems on the basis of NBIC-technologies for medico-environmental and industrial needs. *American Research Journal of Business and Management*. 2015. Vol. 1 (2). P. 37–43.

269. Про стан виконання комплексної програми наукових досліджень НАН України «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини»: постановва Президії НАН України від 18.10.2006 № 261 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www.zakony.com.ua/lawbase/sedcontent.html?id=167071&p=1>

270. Про затвердження переліку наукових проектів нового етапу комплексної програми НАН України «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини»: розпорядження Президії НАН України від 28.04.2007 № 284 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/directions/Pages/284.aspx>

271. Про затвердження переліку наукових проектів комплексної програми НАН України «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини»: розпорядження Президії НАН України від 07.04.2009 № 230 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2009/directions/OpenDocs/090407_230.pdf

272. Про затвердження концепції Цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища: розпорядження Президії НАН України від 03.02.2010 № 31 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/directions/OpenDocs/100203_31.pdf

273. Концепція цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та

збереження навколишнього середовища на 2010–2014 рр.: додаток 1 до розпорядження Президії НАН України від 03.02.2010 № 31 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/directions/OpenDocs/100203_31_conception.pdf

274. Про цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива»): постанова Президії НАН України від 28.02.2007 № 56 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2007/regulations/OpenDocs/070228_56.pdf

275. Про виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») – етап 2010–2012 рр.: розпорядження Президії НАН України від 20.03.2013 № 189 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189.pdf

276. Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013–2017 рр.: додаток до розпорядження Президії НАН України від 20.03.2013 № 189 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130320_189_concept.pdf

277. Інформація про створення науково-освітнього центру «Наноелектроніка і нанотехнології» URL: <http://www.nauka.kiev.ua/index.php/uk/news/54-cat21/70-mat211>

278. Структура цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій» на 2010–2014 рр. URL: <http://www/nano.nas.gov.ua/UA/nasu/nanoprogramms/Pages/WorkingGroup.aspx>

279. Про цільову комплексну програму фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва» на 2012–2016 рр.: розпорядження Президії НАН України від 04.07.2011 № 443 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2011/directions/OpenDocs/110704_443_concept.pdf

280. Матюшенко І. Ю. Перспективи створення в Україні сенсорних наукоємних продуктів з використанням NBIC-технологій // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 22–23 травня 2015 р.). Харків: ФОП Александрова К. М., ВД «ІНЖЕК», 2015. С. 189–196.

281. Матюшенко І. Ю. Нанотехнології в електроніці та інформаційних технологіях. *Бізнес Інформ.* 2012. № 7. С. 32–39.

282. Матюшенко І. Ю. Перспективи створення штучного інтелекту при реалізації концепції конвергенції NBIC-технологій в Україні // Конкурентоспроможність: проблеми науки та практики 2012: монографія. Харків: ФОП Павленко О. Г., ВД «ІНЖЕК», 2012. 344 с. С. 328–343.

283. Матюшенко І. Ю. Тенденції розвитку інформаційно-комунікаційних технологій у світовій економіці та Україні у посткризовий період // Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 10–11 травня 2012 р.). Харків: ФОП Александрова К. М., ВД «ІНЖЕК», 2012. С. 159–162.

284. Матюшенко І. Ю. Створення в Україні Е-суспільства як реалізація NBIC-конвергенції // Организационно-экономические проблемы регионального развития в современных условиях: материалы Всеукр. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 6–7 апреля, 2012 г.). Симферополь: ТНУ им. В. И. Вернадского, 2012. С. 195–199.

285. Матюшенко І. Ю. Проблеми захисту інформаційних продуктів та ведення електронного бізнесу в країнах світу та Україні // Защита прав интеллектуальной собственности: материалы XV Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь 11–15 июня 2012 г.). Симферополь: Минэконом. АРК, 2012. С. 38–43.

286. Матюшенко І. Ю. Напрямки розвитку ІТ-підприємств в Україні // Конкурентоспроможність та інноваційний розвиток України: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 26–27 листоп. 2009 р.). Харків: ФОП Лібуркіна Л. М.; ВД «ІНЖЕК», 2009. С. 78–81.

287. Матюшенко І. Ю. Технологічна основа побудови інформаційного суспільства в Україні // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (27–28 листоп. 2008 р.). Харків: ФОП Александрова К. М., ВД «ІНЖЕК», 2008. С. 56–60.

288. Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку інформаційних технологій в Україні та Харківській області як складової стратегії інноваційного розвитку регіонів // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Киев, 10–15 сентября, 2007 г.). Киев: СПД Цудзинович Т. И., 2008. С. 599–601.

289. Матюшенко І. Ю. Проблеми захисту інформаційних продуктів в Україні // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 12–16 мая 2008 г.). Симферополь: Минэконом. АРК, 2008. С. 267–273.

290. Матюшенко І. Ю. Роль інформаційних технологій у розбудові вітчизняної економіки знань. Вісник національного університету «Львівська політехніка». 2007. № 579: *Проблеми економіки та управління*. С. 166–170.

291. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Розвиток телекомунікаційної галузі в Україні в умовах побудови інформаційного суспільства // Інновації: проблеми науки та практики 2007: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2007. 208 с. С. 107–142.

292. Матюшенко І. Ю. Перспективи впровадження інформаційних технологій в Україні в умовах четвертого етапу інформатизації // Проблеми фінансово-кредитного регулювання інноваційного розвитку виробничо-господарських структур: монографія. Львів: Вид. нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. 152 с. С. 75–108.

293. Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку в Україні телекомунікаційної галузі // Конкурентоспроможність та інноваційний розвиток України: проблеми науки та практики: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 23 – 4 жовтня 2007 р.). Харків: ВД «ІНЖЕК», 2007. С. 118– 122.

294. Матюшенко І. Ю. Создание системы электронного управления в Украине и Харьковской области как механизм инновационного развития регионов // Актуальные вопросы развития инновационной деятельности: материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. Симферополь: Минэконом. АРК, 2007. С. 68–75.

295. Матюшенко І. Ю. Інформаційні технології як вирішальний фактор розбудови економіки знань в Україні і її регіонах // Управління інноваційним процесом в Україні: проблеми, перспективи, ризики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2006. № 6. С. 111–112.

296. Matyushenko I. Prospects for Information Economy in Ukraine Using Grid-computations Based on Nbic-technologies. *British Journal of Economics, Management & Trade*. 2016. Vol. 12 (3). P. 1–18. DOI: 10.9734/BJEMT/2016/24151.

297. Matyushenko I., Moiseienko Yu., Khanova O. Prospects for creating material grounds for information economics on the basis of micro-electronic technologies and sensor engineering utilizing NBIC-technologies in Ukraine. *British Journal of Economics, Management & Trade*. 2015. Vol. 9 (3). P. 1–16. DOI: 10.9734/BJEMT/2016/19532

298. Matyushenko I., Pozdyakova A. Smart Cities in Ukraine – the evolution, state and challenges of smart solutions in the area of governance. *ACTA Innovations*. 2016. Vol. 19. P. 25–36.

299. Pozdniakova A. M., Matyushenko I. Yu. Foundations of „Smart City” concept. Perspectives of its implementation in Ukraine. International scientific conference From the Baltic to the Black Sea: National Models of Economic Systems // Conference Proceedings, Part 1 (March 25, 2016). Riga: Baltija Publishing. 356 p. P. 66–70.

300. Sviatukha I. A., Matyushenko I. Yu. Open Access Model and Its Current Implementation for R&D Sector in Poland and Ukraine // Актуальні проблеми світового господарства і міжнародних економічних відносин: матеріали XI наук.-практ. конф. молодих вчених (м. Харків, 25 березня 2016 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2016. С. 38–42.

301. Рамбиди Н. Г. Нанотехнологии и молекулярные компьютеры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 256 с.

302. Державна цільова науково-технічна програма впровадження і застосування грид-технологій на 2009–2013 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 23.09.2009 № 1020 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1020-2009-%D0%BF>

303. Про Цільову комплексну програму наукових досліджень НАН України «Грид-інфраструктура і грид-технології для наукових і науково-прикладних застосувань» на 2014–2018 рр.: постанова Президії НАН України від 11.12.2013 № 164-а // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/regulations/OpenDocs/131211_164a.pdf

304. Про програму наукових досліджень НАН України «Розробка інтелектуальних суперкомп'ютерних систем сімейства СКІТ, забезпечення їх ефективного функціонування та створення інформаційних технологій, сучасного математичного, програмно-технічного забезпечення для розв'язання складних та надскладних науково-практичних задач (Інтелект)» на 2013–2015 рр.: розпорядження Президії НАН України від 26.12.2012 № 785 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: <http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2012/directions/Pages/default.aspx>

305. Кузык Б. Н., Яковец Ю. В. Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва. М.: Экономика, 2005. 624 с.

306. Гаташ В. Силиконовая долина? Силиконовая степь! Зеркало недели. 08.07.2006. № 26. С. 14.

307. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Розроблення і освоєння мікроелектронних технологій, організація серійного випуску приладів і систем на їх основі» на 2008–2011 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 21.11.2007 № 1355 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1355-2007-%D0%BF>

308. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів на 2008–2012 роки: постанова Кабінету Міністрів України від 05.12.2007 № 1395 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1395-2007-%D0%BF>

309. Матюшенко І. Ю. Бунтов І. Ю. Перспективи створення в Україні енергетики майбутнього на основі комерційного використання нанотехнологій // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф. (г. Алушта, 10–15 сентября 2012 г./НАНУ, Центр исследований научно-технического потенциала и истории науки им. Г. М. Доброва НАН Украины, Творческий союз НИО Крыма. Симферополь: «ИТ АРИАЛ», 2012. С. 341–354.

310. Висоцький В. «Бридке каченя» ядерної фізики та можливий прогрес світової енергетики. *Дзеркало тижня*. 2014. № 24. С. 12.

311. Заец І. Термоядерный век. *Експерт*. 2009. № 50. С. 46–50.

312. Висоцький В. Чи виросте білий лебідь із бридкого каченяти? Нові результати термоядерних досліджень здатні кардинально змінити ставлення до ядерної енергії, масштабів її виробництва і використання. *Дзеркало тижня*. 2014. № 45. С. 12.

313. Norris G. Skunk Works Reveals Compact Fusion Reactor Details. Lockheed Martin aims to develop compact reactor prototype in five years, production unit in 10 // *Aviation Week & Space Technology*. 2014. Oct. 15. URL: <http://aviationweek.com/technology/skunk-works-reveals-compact-fusion-reactor-details>

314. Балабанов В., Балабанов І. Нанотехнологии: правда и вымысел. М.: Эксмо, 2010. 384 с.

315. Державна програма фундаментальних і прикладних досліджень з проблем використання ядерних матеріалів та ядерних і радіаційних технологій у сфері розвитку галузей економіки на 2004–2010 рр.: постанова Кабінету Міністрів України від 08.09.2004 № 1165 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1165-2004-p>

316. Цільова комплексна програма наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2011–2012 рр.: Постанова Президії НАН України від 17.11.2010 № 319 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/101117_319_concept.pdf

317. Про оголошення конкурсу за цільовою комплексною програмою наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2013–2015 рр.: розпорядження Президії НАН України від 08.02.2013 № 319 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/directions/OpenDocs/130208_76.pdf

318. Із зали засідань Президії НАН України (18 вересня 2013 року). *Вісник Національної академії наук України*. 2013. № 11. С. 127–133.

319. Угода про співробітництво між Кабінетом Міністрів України та Європейським співтовариством з атомної енергії в галузі керованого термоядерного синтезу: закон України від 07.03.2002 № 3104-III (3104-14) // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/994_152

320. Концепція цільової комплексної програми НАН України «Перспективні дослідження з фізики плазми, керованого термоядерного синтезу та плазмових технологій» на 2014–2016 рр.: постанова Президії НАН України від 18.03.2013 № 115 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL:

http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2013/regulations/OpenDocs/130918_115_1.pdf

321. Концепція цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми водневої енергетики»: постанова Президії НАН України від 13.03.2006 № 183 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2006/regulations/OpenDocs/060630_183_an1.pdf

322. Концепція цільової комплексної програми «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологія» на 2011–2015 рр.: постанова Президії НАН України від 29.12.2010 № 356 // База даних «Нормативні акти НАН України»/Національна академія наук України. URL: http://www1.nas.gov.ua/infrastructures/Legaltexts/nas/2010/regulations/OpenDocs/101229_356_concept.pdf

323. Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі»: розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.04.2008 № 612-р // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/612-2008-%D1%80>

324. Про затвердження Державної цільової науково-технічної програми «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» на 2009–2013 рр.: постанова Кабінету Міністрів України від 09.07.2008 № 632 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/632-2008-%D0%BF>

325. Matyushenko I., Buntov I., & Khanova, O. (2015). The next economy in Ukraine: developing alternative energy with the help of NBIC-technologies. *British Journal of Economics, Management & Trade*. 9 (2). 1-19. <http://sciencedomain.org/issue/1223>. (ISI Web of Science; DOI: 10.9734/BJEMT/2015/19532).

326. Matyushenko I., Goncharenko, N., & Michaylova, D. (2015). Future Considerations For Developing Energy Efficient Economy In Ukraine Using Light Emitting Diode (LED) Enginery On The Basis Of The Basis Of NBIC-Technologies. *Global Journal of Management and Business Research*. 15 (5). 7-16. http://globaljournals.org/GJMBR_Volume15/2-Future-Considerations.pdf.

327. Shumpeter J. A. *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. NY / London: McGraw-Hill, 1939. 385 p.

328. Becattini G., Pyke F., Sengenberger W. *The marshallian industrial district as socio-economic notion in Industrial Districts and Inter-firm Cooperation in Italy*. Geneva: International Institute for Labour Studies, 1990. 237 p.

329. Marshall A. *Principles of Economics*. 8th ed. London: Macmillan Co., 1890. 687 p.

330. Porter M. E. *Clusters and competition: New agendas for companies, governments, and institutions*. Harvard Business School Working Paper. 1998. № 98-080. 50 p.

331. Porter M. E. Clusters and the new economic competition. *Harvard Business Review*. 1998. № 76 (6). P. 77–90.

332. Кизим М. О. Промислова політика та кластеризація економіки України: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2011. 304 с.

333. Хаустова В. Є. Промислова політика в Україні: формування та прогнозування: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2015. 384 с.

334. Asheim B., Gertler M. The geography of innovation: regional innovation systems. *The Oxford handbook of innovation*. 2005. P. 291–317.

335. Etzkowitz H. Universities in the global knowledge economy: a triple helix of university-industry-government relation. London: Cassell, 1997. 19 p.

336. Malerba F. Sectoral System of Innovation and Production // DRUID conference, 1999. 36 p.

337. The Concept of Clusters and Cluster Policies and Their Role for Competitiveness and innovation: Main statistical results and lessons learned // European Commission; Europe INNOVA; PRO INNO Europe Paper № 9. Luxemburg. 17 October 2008. URL: <http://bookshop.europa.eu/en/the-concept-of-clusters-and-cluster-policies-and-their-role-for-competitiveness-and-innovation-pbNBNA23591/>

338. Сімсон О. Е. Правова модель приватно-публічного партнерства в інноваційній сфері: монографія. Харків: Право, 2013. 448 с.

339. Кастельс М. Становление общества сетевых структур // Новая постиндустриальная волна на Западе/под ред. В. Иноземцева. М.: Academia, 1999. С. 494–505.

340. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество, культура. М.: ГУ ВШЭ, 2000. 606 с.

341. Воронина Л. А., Ратнер С. В. Научно-инновационные сети в России: опыт, проблемы, перспективы. М.: ИНФРА-М, 2010. 254 с.

342. European Technology Platforms – Innovation Union: A Europe 2020 Initiative. URL: http://ec.europa.eu/research/innovation-union/index_en.cfm?pg=etp

343. Strategy for European Technology Platforms: ETP 2020 // Commission Staff Working Document (SWD(2013) 272 final). Brussels. 2013. URL: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/etp/docs/swd-2013-strategy-etp-2020_en.pdf

344. Дежина И. Технологические платформы как инструмент укрепления связей в инновационной системе России // Год планеты: экономика, политика, безопасность/Рос. Акад. Наук, Ин-т мировой экономики и международных отношений. М.: Идея-Пресс, 2013. С. 175–198.

345. Опыт ЕС: технологические платформы (организационная структура, финансирование). URL: innovation.gov.ru/sites/default/files/documents/2014/6226/1905.doc

346. Research Infrastructure in the President's 2017 Budget. A Report to Congress on Federal Investments in Research/Facilities Construction and Major Research Instrumentation // Office of Science and Technology Policy; Executive Office of the President. March 2016. 6 p. URL: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/facilities%20report%2017%20FINAL.pdf>

347. Федулова Л. І. Марченко О. С. Інноваційні екосистеми: сутність та методологічні засади формування. *Економічна теорія та право*. 2015. № 2 (21). С. 21–33.

348. Матюшенко І. Ю. Перспективи конвергенції знань, технологій і суспільства на основі NBIC-технологій для вирішення глобальних проблем // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції (м. Харків, 18–19 листопада 2015 р.). Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2015. С. 20–34.

349. Повідомлення Європейської Комісії. «Європа 2020». Стратегія для розумного, сталого та всеохоплюючого зростання. URL: <http://www.minjust.gov.ua/file/31493>

350. Open Science at the Competitiveness Council of 28-29 May 2015 // European Commission. 03 June 2015. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/news/open-science-competitiveness-council-28-29-may-2015>

351. Draft Council conclusions on the digital transformation of European industry // Council of the European Union. Brussels. 21 May 2015. URL: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8993-2015-INIT/en/pdf>

352. Cross-cutting activities (focus areas) // Horizon 2020 sections. URL: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/cross-cutting-activities-focus-areas>

353. Матюшенко І. Ю., Михайлова Д. О. Основні напрямки програми ЄС з досліджень і інновацій «Горизонт 2020» і вибір пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки України. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна*. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм». Т. 1: Економічні науки. Вип. 3. 2014. № 1144. С. 120–126.

354. Знакові події в Європейському дослідницькому просторі за 2015-2016 рр. // European Research Area. Ukraine. URL: <http://eraukraine.blogspot.com/2016/02/2015-2016-2016-2015-2013-2020-erac-2015.html>

355. EIT Innovation Forum Highlights // European Institute of Innovation & Technology. Budapest, Hungary. 05–07 May 2015. URL: <http://eit.europa.eu/sites/default/files/InnovEIT%20Report%20-%20Web%20optimised%20-%20DU0215751ENN.pdf>

356. ERAC Opinion on the European Research Area Roadmap // European Research Area and Innovation Committee. April 2015. URL: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmxcF1a3JhaW5lfGd4OjU3NDZiNTk4ZjBmY2E4Y2U>

357. Open Science // ERA portal. December 2015. URL: <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmxcF1a3JhaW5lfGd4OjU3NDZiNTk4ZjBmY2E4Y2U>

358. A new start for Europe // Opening up to an ERA of Innovation. Conference. Brussels. 22–23 June 2015. URL: <http://ec.europa.eu/research/conferences/2015/era-of-innovation/index.cfm?pg=home>

359. Validation of the results of the public consultation on Science 2.0: Science in Transition // European Commission. February 2015. URL: http://ec.europa.eu/research/consultations/science-2.0/science_2_0_final_report.pdf

360. ERAC Work Programme 2016–2017 // European Research Area and Innovation Committee. 18 January 2016. URL: https://era.gv.at/object/document/2352/attach/st01201_en16.pdf

361. Competitiveness Council. Meeting № 3470 // Council of the European Union. Brussels. 26–27 May 2016. URL: <http://www.consilium.europa.eu/en/meetings/compet/2016/05/26-27/>

362. Draft Council conclusions on FP7 and the Future Outlook: Research and innovation investments for growth, jobs and solutions to societal challenges // Council of the European Union. Brussels. 13 May 2016. URL: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8785-2016-INIT/en/pdf>

363. Draft Council conclusions on Research and Innovation friendly regulation // Council of the European Union. Brussels. 13 May 2016. URL: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8675-2016-INIT/en/pdf>

364. Draft Council conclusions on the transition towards an Open Science system // Council of the European Union. Brussels. 17 May 2016. URL: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-8791-2016-INIT/en/pdf>

365. European Research Infrastructure Consortium (ERIC) // Research and Innovations. European Commission. URL: https://ec.europa.eu/research/infrastructures/index_en.cfm?pg=eric

366. Матюшенко І. Ю. Вступ України до СОТ як засіб впровадження інноваційної моделі розвитку та підвищення конкурентоспроможності економіки Харківської області. *Вісник Харків. нац. ун-ту. Економічна серія*. 2003. № 608. С. 211–217.

367. Матюшенко І. Ю. Стратегічні напрямки структурно-інноваційної перебудови економіки Харківського регіону. *Вісник Харків. нац. ун-ту. Економічна серія*. 2004. № 608. С. 18–22.

368. Матюшенко І. Ю. Агентства регіонального розвитку як інноваційний механізм регіональної інвестиційної політики. *Соціальна економіка*. 2004. № 1–2. С. 164–176.

369. Матюшенко І. Ю. Вплив гео економічної орієнтації України на реалізацію інноваційної моделі розвитку економіки Харківської області // Проблеми и перспективи инновационного развития экономики: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. по инновационной деятельности. Алушта: Фактор, 2005. С. 148–156.

370. Матюшенко І. Ю. Розвиток інноваційної інфраструктури України: перспективи для Харківської області. *Економіка розвитку*. 2005. № 4 (36). С. 92–96.

371. Матюшенко І. Ю. Стримуючі фактори для розвитку інноваційної діяльності підприємств на прикладі Харківського регіону. *Вісник Харків. нац. ун-ту*. Економічна серія. 2005. № 668. С. 113–116.

372. Матюшенко І. Ю. Перспективи створення національної інноваційної системи в Україні // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы I инновационного форума СНГ «Международное инновационное развитие и инновационное сотрудничество: состояние, проблемы и перспективы». Алушта: ЦИПИН им. Г. М. Доброва НАНУ, 2006. С. 85–92.

373. Матюшенко І. Ю. Перспективные модели развития национальной инновационной системы России и Украины // Управление инновациями – 2006: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ИПУ РАН. М. Доброе слово, 2006. С. 137–141.

374. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку регіональної інноваційної інфраструктури в Україні // Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: региональный аспект: материалы XII Междунар. науч.-практ. семинара. Сб. науч. тр. Донецк: ДонНУ, 2006. С. 533–538.

375. Матюшенко І. Ю. Національна інноваційна система як механізм реалізації інтелектуального капіталу України // Інновації: проблеми науки і практики 2006: монографія. Харків: ВД «ІНЖЕК», 2006. 336 с. С. 71–106.

376. Матюшенко І. Ю. Перспективы развития науки в Украине в условиях преодоления многоукладности экономики и создания общества, построенного на знаниях. *Бизнес Информ*. 2006. № 1–2. С. 9–21.

377. Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку освіти в Україні в умовах створення суспільства, побудованого на знаннях. *Економіка розвитку*. 2006. № 1 (37). С. 48–54.

378. Кизим Н. А., Матюшенко І. Ю. Перспективы развития исследовательских центров как элементов инфраструктуры экономики знаний в России и Украине // Управление инновациями – 2007: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ИПУ РАН (г. Москва, 12–14 ноября 2007 г.). М.: Доброе слово, 2007. С. 220–226.

379. Матюшенко І. Ю. Перспективи фінансування науково-технічної та інноваційної діяльності в Україні // Налогообложение: проблемы науки и практики: тезисы доп. Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 7–8 грудня 2007 р.). Харків: ВД «ІНЖЕК», 2007. С. 112–118.

380. Матюшенко І. Ю. Створення регіональних інноваційних систем в Україні як передумова ефективного трансферу технологій на прикладі Харківської області // Проблемы и перспективы инновационного развития экономики: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. по инновационной деятельности (Киев – Симферополь – Севастополь, 15–19 сентября 2008 г.). Симферополь: ФЛП Бражникова Н. А., 2008. С. 312–317.

381. Матюшенко І. Ю. Перспективи створення інноваційних кластерів в Україні // *Управління інноваціями – 2008: матеріали міжнародної науково-практичної конференції ІПУ РАН (г. Москва, 17–18 листопада, 2008 г.)*. М.: Добре слово, 2008. С. 148–153.

382. Матюшенко І. Ю. Реформування регіональної регуляторної політики в інноваційній сфері України // *Інституціональні основи інноваційних процесів: матеріали Четвертих Друкерівських читань (г. Москва, 17–18 листопада 2008 г.)*. М.: Добре слово, 2008. С. 105–116.

383. Загорський В. С., Матюшенко І. Ю. Центри трансферу технологій як елемент інноваційної інфраструктури держави та її регіонів // *Інновації: проблеми науки та практики 2008: монографія*. Харків: ФОП Александрова К. М., ВД «ІНЖЕК», 2008. 232 с. С. 21–49.

384. Кизим М. О. Матюшенко І. Ю. Індустріальні парки як ринковий механізм трансформації територіально-виробничих комплексів на прикладі країн СНД, Близького Сходу та України // *Інновації: проблеми науки та практики 2009: монографія*. Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., ВД «ІНЖЕК», 2009. 196 с. С. 24–54.

385. Матюшенко І. Ю. Створення зон техніко-економічного розвитку в Китаї і розбудова індустріальних парків в Україні як ефективних механізмів високотехнологічного розвитку // *Соціально-економічний розвиток України та її регіонів: проблеми науки та практики 2009: монографія*. Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., ВД «ІНЖЕК», 2009. 464 с. С. 148–162.

386. Матюшенко І. Ю. Наукові парки як один з механізмів розвитку високотехнологічних галузей промисловості // *Проблеми и перспективи інноваційного розвитку економіки: Регіональне інноваційне розвиток: політика, управління, законодавство: матеріали XV Міжнарод. науч.-практ. конф. (Київ – Симферополь – Алушта, 13–17 вересня 2010 г.)*. Київ – Симферополь – Алушта: 2010. С. 336–346.

387. Матюшенко І. Ю. Перспективи відновлення технопарків в Україні // *Перспективи розвитку України: теорія, методологія, практика: матеріали XV Міжнарод. науч.-практ. конф. (м. Луцьк, 13–17 вересня 2010 р.)*. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Л. Українки, 2010. С. 153–156.

388. Матюшенко І. Ю., Чередник В. І. Перспективи відновлення СЕЗ та ТПР в Україні // *Конкурентоспроможність та інноваційний розвиток України: проблеми науки та практики: тези доп. Міжнарод. науч.-практ. конф. (м. Харків, 11–12 листопада 2010 р.)*. Харків: ФОП Александрова К. М.; ВД «ІНЖЕК», 2010. С. 158–166.

389. Матюшенко І. Ю. СЕЗ і ТПР як один з механізмів розвитку високотехнологічних галузей в світі та в Україні // *Інновації: проблеми науки та практики 2010: монографія*. Харків: ФОП Павленко О. Г.; ВД «ІНЖЕК», 2010. 304 с. С. 241–277.

390. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю., Чередник В. І., Заїчко Г. В. Технопарки як механізм розвитку високотехнологічних галузей в Україні // Социально-экономическое развитие Украины и ее регионов: проблемы науки и практики 2010: монографія. Харьков: ФЛП Александрова К. М.; ІД «ИНЖЭК». 2010. 344 с. С. 80–109.

391. Матюшенко І. Ю. Создание технополисов как перспективный инструмент развития региональной инновационной инфраструктуры России и Украины // Организационно-экономические проблемы регионального развития в современных условиях: материалы Всеукр. науч.-практ. конф. (г. Симферополь, 29 апреля 2011 г.). Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2011. С. 229–233.

392. Матюшенко І. Ю. Украинско-российский технопарк как элемент инновационной инфраструктуры Еврорегиона «Слобожанщина» // Українсько-російське порубіжжя: стан та перспективи співробітництва: матеріали наук.-практ. конф. (м. Харків, 16 квітня 2011 р.). Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна. С. 62–66.

393. Матюшенко І. Ю. Науково-освітні центри як основний елемент національних нанотехнологічних мереж розвинутих країн світу. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Серія: Актуальні проблеми управління та фінансово-господарської діяльності підприємства. 2012. № 45 (951). С. 115–127.

394. Матюшенко І. Ю. Створення сприятливого інвестиційного клімату як передумова технологічного розвитку України. *Проблеми економіки*. 2013. № 1. С. 99–108.

395. Матюшенко І. Ю. Стимулювання технологічного розвитку України в державних програмах економічного розвитку в 2013–2014 рр. *Бізнес Інформ*. 2013. № 4. С. 29–37.

396. Матюшенко І. Ю. та ін. Розділ 2. Потенціал і тенденції інноваційного розвитку високотехнологічних і традиційних секторів економіки України // Інноваційна Україна 2020: нац. доп./за заг. ред. В. М. Гейця та ін. Київ: НАН України, 2015. 336 с. С. 36–82.

397. Матюшенко І. Ю. та ін. Розділ 2. Українські реформи на європейському шляху // Аналітична доповідь до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України в 2015 році». Київ: НІСД, 2015. 684 с. С. 277–319.

398. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: ратиф. Законом від 16.09.2014 № 1678-VII // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/984_011

399. Про імплементацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: розпорядження Кабінету Міністрів України від 17.09.2014 № 847-р // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/847-2014-%D1%80>

400. Про Стратегію сталого розвитку «Україна – 2020»: указ Президента України від 12.01.2015 № 5/2015 // Президент України: офіц. інтернет-представництво. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/18688.html>

401. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року: постанова Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 № 385 // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/385-2014-%D0%BF>

402. Про стан та законодавче забезпечення розвитку науки та науково-технічної сфери держави: постанова Верховної Ради України від 11.02.2015 № 182-VIII // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/182-19>

403. Про наукову і науково-технічну діяльність: закон України від 26.11.2015 № 848-VIII // База даних «Законодавство України»/Верховна Рада України. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/848-19>

404. Шевченко А., Шадур В. Потяг «ЄДП» рушив, а Україна залишилася на платформі. *Дзеркало тижня*. 2016. № 15 (261). С. 12.

405. Національний дослідницький простір // ERA-Ukraine: офіц. сайт. URL: <http://sites.google.com/site/eraukraine/nacionalnij-doslidnickij-prostir>

406. Дорожня карта Європейського дослідного простору в Україні/Національний дослідницький простір // ERA-Ukraine: офіц. сайт. URL: <http://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9lcmlmF1a3JhaW5lfGd4OmFhMmM5ZTNINTk3ZGYzNw>

407. Матюшенко І. Ю. та ін. Розділ 11. Національна економіка в умовах протидії гібридним загрозам // Аналітична доповідь до Щорічного Послання Президента України до Верховної Ради України «Про внутрішнє та зовнішнє становище України в 2016 році». Київ: НІСД, 2016. 688 с. С. 245–276.

408. Матюшенко І. Ю. Перспективи формування національного дослідницького простору України з урахуванням дорожньої карти єдиного дослідницького простору ЄС // Конкурентоспроможність та інновації: проблеми науки та практики: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 17–18 листоп. 2016 р.). Харків: ФОП Лібуркіна Л. М., 2016. 96 с. С. 65–73.

409. Інноваційна екосистема Sikorsky Challenge // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». URL: <http://kpi.ua/eoio>

410. Карлюк Г. В. Технологічні платформи в Україні як інструмент забезпечення економічного зростання // Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні: матеріали VI Міжнар. бізнес-форуму (м. Київ, 22 березня 2013 р.). Київ: Київ. нац. торгов.-екон. ун-т, 2013. С. 99–100.

411. Карлюк Г. В. Технологічні платформи як інструмент науково-технічної та інноваційної політики // Проблеми розвитку інформаційного суспільства: матеріали III Міжнар. форуму (м. Київ, 20–23 листоп. 2012 р.). – Ч. I. Київ: УкрІНТЕІ; Асоціація «Інформатіо-Консорціум», 2012. С. 81–86.

412. Кваша Т. К. Технологічні платформи: досвід ЄС, Росії та пропозиції щодо підходів до створення технологічних платформ в Україні/УкрІНТЕІ, 2013. URL: http://www.bilat-ukr.eu/_media/BILAT-UKR-FC_03b1_Kvasha_Technology-Platforms.pdf

413. Кваша Т. К., Литвинова В. В., Грабовський Б. О. Технологічні платформи: європейський досвід створення та функціонування: аналіт. довідка. Київ: УкрІНТЕІ, 2011. 40 с.

414. Смертенко П. С., Чернишев Л. І., Білан І. І., Солонін Ю. М., Гороховатська М. Я. Кластери і технологічні платформи як механізми розвитку економіки України. *Вісник НАН України*. 2014. № 3. С. 67–76.

415. Європейські технологічні платформи та підходи до створення українських технологічних платформ. Бюлетень № 2 // Формування мережі обміну інформацією про науково-освітні програми Європейського Союзу. Проект № 45309. 2012. 21 с.

416. Єрмакова О. А. Технологічні платформи як важливий інструмент формування інноваційного середовища в регіоні. *Економіка розвитку*. 2015. № 4. С. 5–13.

417. Зелінська А. М. Технологічні платформи як ефективний інструмент інноваційного розвитку біоенергетики. *Інноваційна економіка*. 2012. № 4 (30). С. 36–41.

418. Українська національна технологічна платформа «Агропродовольча» в мережі ЄТП «Їжа для життя» // УНТП «Агропродовольча»: офіц. сайт. URL: <http://www.agrofoodplatform.com/>

419. Солонін Ю. М., Гороховатська М. Я., Білан І. І. Технологічна платформа «Передові матеріали і технологічні процеси їх отримання» як основа відродження передової ролі України у галузі матеріалознавства. *Вісник НАН України*. 2012. № 4. С. 55–59.

420. Проект «Стратегії розвитку високотехнологічних галузей до 2025 року» // Міністерство економічного розвитку і торгівлі України: офіц. сайт. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=c3081991-45fb-47df-abc6-59822e854a99&title=ProjektstrategiiRozvitkuVisokotekhnologichnikhGaluzeiDo2025-Roku>

421. Colleges of Nanoscale Science + Engineering: офіц. сайт. URL: <http://www.cnse.albany.edu>

422. На спільному засіданні Президії НАН України та Колегії МОН розглянуто питання створення Київського академічного університету // Міністерство освіти і науки України: офіц. сайт. URL: <http://mon.gov.ua/usi-novivni/novini/2016/03/28/na-spilnomu-zasidanni-prezidiyi-nan-ukrayini-ta-kolegiyi-mon/>

423. Загородний А. Чи потрібен Україні Академічний університет? *Дзеркало тижня*. 2016. № 21 (267). С. 11.

ДОДАТКИ



Додаток А

Таблиця А.1

Двадцять основних цілей конвергенції NBIC-технологій у середньостроковому періоді до 2030 року

Глобальна проблема	Період прогнозування (кінцевий термін)										
	До 2015 року			До 2020 року			До 2025 року			До 2030 року	
	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1. Зручні сенсори та комп'ютери	Покращать обізнаність людини про її стан здоров'я, стан оточуючого середовища, про бізнес і ресурси	1. Більш швидке і надійніше отримання нових знань	Одержання знань людьми із різноманітним і можливостями в школі, на роботі і вдома	1. Більш досконале людське тіло	Людське тіло стане більш міцним, здоровим, енергійним, легшим для відновлення та більш стійким до стресу, біозагроз та процесів старіння	1. Здатність контролювати гени	Контроль генів людини, тварин, рослин позитивно вплине на добробут людей, а сенсус щодо етичних, правових та моральних аспектів стане частиною процесу				
Депопуляція і старіння населення	–	–	2. Розширення креативних можливостей людини	Інженери, митці, архітектори і дизайнери одержать нові засоби і покращать розуміння самих витоків людської творчості	2. Комбінування нових технологій та лікування	Вказане комбінування буде компенсувати багато видів фізичної та психологічної неповноздатності і дозволить використати низку хвороб, що паралізують життя людей	–	–	–	–	
	–	–	3. Краще розуміння когнітивних, соціальних і біологічних сил	Людина одержить можливість покращити творчість і процес щоденного прийняття рішень		–	–	–	–	–	

Додатки

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нестача продо-вольства, вичерпання сировини і палива	-	-	1. Збільшен-ня врожай-ності і змен-шення псу-вання	Застосування у сіль-ському господарстві і харчовій промисло-вості мережі дешевих розумних сенсорів для моніторингу умов і по-треб рослин і тварин	-	-	-	-
Нова енергетика; екологічні проблеми	-	-	-	-	-	-	1. Енерго-ефективна і безпечна техніка	Машини і конструкції (від будинків до літаків) будуть створюватися із матеріалів із точно заданими властиво-стями, можливістю адаптуватися до зміни ситуації, високою енер-гоефективністю та без-пекою для оточуючого середовища
Уповільнення науково-технічного прогресу	1. Негай-ний доступ до необхід-ної інфор-мації	Людина будь-де буде мати доступ до інформації практич-ного чи наукового характеру в най-більш зручній для неї формі	1. Якісно змі-ниться робота науковців	Впровадження нових підходів з інших наук (наприклад, генетика буде використовувати принципи обробки мови, а дослідження культур – принципи генної інженерії)	1. Більш корисніші для людей роботи та агенти різ-номанітного програм-ного забез-печення	Ефективні роботи і агенти будуть пра-цювати на принци-пах, сумісних з осно-вними людськими цілями, а також на принципі усвідом-леності та індивіду-альності	1. Швид-кий широ-космуго-вий зв'язок між мозком та маши-нами	Вказаний зв'язок замі-нить роботу на заводах, процес контролювання автомобілями, забез-печить військову пере-вагу, розвине нові види спорту, містецтва та моделі взаємодії між людьми

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	2. Нові організаційні структури та принципи управління	Базуючись на швидкому, надійному обміні інформації, ці структури та принципи підвищать ефективність керівників у бізнесі, навчанні та урядуванні	2. Спілкування без бар'єрів	Окремі особи та команди зможуть спілкуватися попри традиційні культурні, мовні, географічні бар'єри, що різко підвищить ефективність груп, організацій та міжнаціональне партнерство			2. Трансформування формальної освіти	Трансформація за допомогою уніфікованої різноманітної програми, що буде базуватися на всеохоплюючій ієрархійній парадигмі розуміння побудови фізичного світу від наномасштабів до космічних масштабів
			3. Якісно нові системи безпеки	Системи безпеки зміцняться: легкими, інформаційно насиченими системами боротьби з війнами; бойовими машинами без людей; матеріалами, здатними до адаптації; невразливими мережами даних; надпотужними розвідувальними системами; комплексами протидії різного роду атакам			3. Більш ефективне транспортування	Завдяки усюдисущим інформаційним системам з'явиться безпечне, дешеве, швидке транспортування, що буде працювати в режимі реального часу, використовувати ефективні транспортні засоби, синтетичні матеріали та наноструктуровані машини

Закінчення табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			4. Заводи майбутнього	Будуть створюватись на основі конвергентних технологій за збільшених людини-машинних можливостей			4. Освоєння «зовнішнього простору» (більш вірогідно до 2050 р.)	За допомогою ефективних пускових машин, позаземних баз, що побудовані за допомогою робототехніки, користування ресурсами Місяця, Марсу та астероїдів

Джерело: сформовано автором на основі [28–30]

Таблиця А.2

Двадцять основних цілей конвергенції NBIC-технологій у довгостроковому періоді до 2070 року

Глобальна проблема	Період прогнозування (кінцевий термін)										
	До 2030 року			До 2040 року			До 2050 року			До 2070 (2085*) року	
	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	Ідея	Зміст	
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Депопуляція і старіння населення	1. Відстеження генетичного коду людини	Технічна та економічна можливість відстеження коду надасть змогу зрозуміти генетичні зміни в поведінці людини	–	–	1. Нові інструменти дослідження мозку	Нові інструменти дослідження дозволять скласти структуру та функції людського мозку, включаючи карту зв'язків у гловному мозку	–	–	–	–	
	2. Наносенсори, імплантовані в людське тіло	Відслідковування стану здоров'я та процесів метаболізму, діагностування проблеми зі здоров'ям ще до того, як людина помітить перші симптоми	–	–	2. Збільшення пам'яті	Збільшення пам'яті покращить процес пізнання за допомогою електронного сховища та влиття факторів росту нервів у мозок	–	–	–		
	3. Підтримуючі технології проти вад людини	Протидія таким вадам, як сліпота, глухота або нерухомість	–	–	3. Розробка нанобіопроцесора	Буде розроблено нанобіопроцесор, що дозволить дешево виробляти великий спектр ліків під певні специфічні потреби людей	–	–	–		

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
					4. Нанороботи в людському тілі	Нанороботи будуть виконувати операції та керувати лікуванням глибоко в людському тілі		
	1. Новий науковий підхід до культури	Базується на концепціях з еволюційної біології та інформаційної науки, що розширює гуманітарну школу, маркетинг музики, літератури та художні новації	1. Людські машини, що адаптуються	Машини будуть адаптуватись і відображати стилі комунікації, соціальний контекст, потреби людей, що їх використовують	1. Контроль ролі військової техніки силою думки	Військові зможуть контролювати техніку, зброю та інші системи силою думки навіть до того, як сама команда повиністю сформується в голові	1. Обчислення людських намірів	Науковці зможуть зрозуміти та описувати людські наміри, переконання, почуття та мотиви в рамках чітко окреслених обчислювальних процесів
Уповільнення науково-технічного прогресу	2. Широке використання 3D-принтерів	3D-принтери застосовуватимуться не тільки для швидкого створення прототипів, але й для економічного, «за замовленням» виробництва творів мистецтва, запчастин для машин тощо	2. Збільшення здатності людини засвоювати інформацію	Комбінація декількох підходів дозволить значно зменшити обмеження, пов'язані зі здатністю людини засвоювати інформацію	2. Молекулярні машини	Молекулярні машини будуть вирішувати цілу низку проблем у глобальному масштабі	2. Визначення здібностей кожної людини	Замість того, щоб визначати певних людей як «обмежених», а інших як «талановитих», суспільство надасть кожному право на визначення, якими саме здібностями кожна людина володіє
			3. Прогрес в розумінні поведінки складних систем	Наука досягне значного прогресу в розумінні та прогнозуванні поведінки складних систем	3. Наука прогнозування	Наука прогнозування поведінки суспільства дозволить зрозуміти велику кількість соціально	3. Побудова машин, еквівалентних людському мозку* (орієнтовно)	Обчислювальні можливості та наукові знання дозвлять побудувати машини, що будуть

Закінчення табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		-	-	систему у різних масштабах, а також між системою і середовищем	-	руйнівних подій і дозволить використувувати превентивні стратегії для попередження лиха	не раніше 2085 року)	еквівалентні людському мозку
			4. Нова форма обчислення	Для нової форми обчислення не буде різниці між програмним забезпеченням та «залізом», а біологічні процеси дозволять прорахувати поведінку складних адаптивних систем			-	-
			5. Широке використання леккулярних моторів	Наноструктуровані молекулярні мотори будуть вироблятися масово для виконання широкого спектра галузей (від виробництва товарів до медичного лікування)			-	-

Джерело: сформовано автором на основі [28–30]

Таблиця А.3
 Основні проблемні питання і потенційно негативні соціальні та етичні наслідки від конвергенції NBIC-технологій
 для вирішення глобальних проблем

Глобальна проблема	Проблемні питання застосування технологічних систем, що базуються на NBIC-технологіях		Соціальні та етичні наслідки від застосування конвергенції NBIC-технологій	
	Застосування	Проблемне питання	Застосування	Потенційно негативний вплив
1	2	3	4	5
Депуляція і старіння населення	Мобілізація вчених, медичних професіоналів, суспільства	Чи вдасться мобілізувати вчених, медичних професіоналів та суспільство, щоб скерувати медичну з реактивної до проактивної дії, тобто, запобігати хворобам, виявляти їх на ранній стадії, а отже, зменшити видатки на охорону здоров'я?	Стимулювання діяльності головного мозку	Пряме стимулювання діяльності головного мозку дозволить подолати низку хвороб та вад, але, вводячись до цього, перед суспільством постає питання доречності технологічного контролю над людським мозком
	Спроможність урядів, страхових компаній та системи охорони здоров'я	Чи зможуть уряди, страхові компанії та системи охорони здоров'я знайти шляхи зменшення демографічного виклику старіння населення в контексті значної економічної нерівності, що продовжує зростати?	Регенеративна медицина та передове протезування	Регенеративна медицина та передове протезування будуть серед новітніх способів лікування, що покращить якість життя людей, але одночасно менше уваги буде приділятися продовженню життя невиліковно хворих
	–	–	Постійний моніторинг здоров'я людей за допомогою сенсорів та «розумних будинків» може значно покращити життя людей за рахунок активного навчання пацієнтів, поширення новітніх коштовних інформаційних технологій, але водночас постає проблема потенційної уразливості конфіденційності особистості	Постійний моніторинг здоров'я людей за допомогою сенсорів та «розумних будинків» може значно покращити життя людей за рахунок активного навчання пацієнтів, поширення новітніх коштовних інформаційних технологій, але водночас постає проблема потенційної уразливості конфіденційності особистості
–	–	Допомога людям з психічними обмеженнями	Допомога людям з психічними обмеженнями	Процес конвергенції безперечно допоможе людям, що мають психічні обмеження, але може зашкодити людям з психічними відхиленнями, чії

Продовження табл. А.3

1	2	3	4	5
Нестача продовольства, вичерпання сировини і палива	Посаднання енергетичних ресурсів та державної політики	Яке посаднання енергетичних ресурсів та державної політики дозволить зменшити споживання горючих корисних копалин і при цьому не призведе до ситуації обмеженості ресурсів, яку людство переживало до цього?	Досягнення рівня економічного процвітання технічно розвинених країн	характеристики не є патологічними, а просто відрізняються Країни, що розвиваються, безперечно мають право досягти того ж рівня економічного процвітання, як і більшість технологічно розвинених країн, але якщо це станеться, природне середовище світу може бути зруйноване забрудненнями та виснаженням ресурсів
Нова енергетика; екологічні проблеми	Досягнення екологічної стійкості	Чи можливе досягнення екологічної стійкості, наприклад, без серйозних негативних політичних, соціальних та економічних наслідків?	Екологічні та соціальні наслідки нанотехнологій	Поширені публічні обговорення великої кількості екологічних та соціальних наслідків нанотехнологій дозволять досягти максимального позитивного ефекту для людства або можуть заманити прогрес у пастку популярних помилок, що засновані на страху та неосвіченості
	Об'єднання націй світу навколо вирішення екологічної проблеми	Враховуючи численні розчарування за останні роки, чи зможуть різні нації світу об'єднатися разом для забезпечення ефективного захисту оточуючого середовища та стійкості ресурсного забезпечення?	Використання ядерної енергії	Збільшення використання ядерної енергії дозволить зменшити використання паливних корисних копалин, а отже, зменшить глобальне потепління, одночасно зросте ризик розробки та застосування ядерної зброї, а також ризик можливих катастроф
	Взаємодія урядів та інших інституцій світу заради навколишнього середовища	Чи зможуть уряди та інші інституції світу взаємодіяти ефективно, щоб створити всеохоплюючу глобальну систему моніторингу навколишнього середовища і компонентів суспільства, що впливають на нього?	-	-

Продовження табл. А.3

1	2	3	4	5
Уповільнення науково-технічного прогресу	Перехід до економіки знань	Чи зможе перехід до економіки знань створити нові шляхи для соціальної мобільності талановитих осіб без того, щоб залишити велику кількість некваліфікованих людей без роботи?	Зміна можливостей від «рук декількох осіб» до «рук багатьох» до «рук багатьох»	Із поширенням різноманітних методів виробництва його можливості зміняться від «рук декількох осіб» до «рук багатьох», що призведе до зниження прибутків великих корпорацій та їх інвесторів
	Використання інформаційних технологій	Чи дозволить використання інформаційних технологій звести соціальні групи разом або створить ще більший розрив між ними?	Використання програмного забезпечення з відкритих джерел	Поширення використання програмного забезпечення з відкритих джерел значно збільшить функціональність та можливість кастомізації інформаційних систем, але ціною буде велика кількість порушень систем безпеки та кібератак
	Національна ініціатива робототехніки (перш за все у США)	Чи зможе Національна ініціатива робототехніки (перш за все у США) реалізувати принцип «social bot», тобто взаємовигідну кооперацію між роботами і людьми, ставши таким прикладом для інших областей?	-	-
	Принципи роботи та виробництва для робототехніки	Які принципи роботи та виробництва дозволять роботам забезпечувати різноманітні потреби суспільства, від навчання у ранньому дитинстві до допомоги престарілим?	-	-
	Організаційні принципи ефективного виробництва	Який організаційний принцип (франшизи / гільдії) надає свою ефективність для створення систем виробництва, що одночасно максимізують ефективність і є локально автономними?	Забезпечення локального виробництва	Локальне виробництво потребує доставки сировини у малих обсягах до великої кількості місць, що призведе до збільшення витрат, якщо не вдасться застосувати нанотехнології для зменшення відходів, а нові системи транспортування не покращать ефективність доставки

Продовження табл. А.3

1	2	3	4	5
	<p>Розширення конвергенції за межі концепції NBIC</p>	<p>Чи принесе користь розширення конвергенції за межі концепції NBIC, наприклад, на соціальні науки і далі, щоб об'єднати мистецтво та гуманітарні науки?</p>	<p>Створення високорівневих багатодомених технічних мов</p>	<p>Створення високорівневих багатодомених технічних мов може стимулювати конвергенцію, але ціною розробки нової програми для молодих науковців та інженерів, а також відставання старших за віком людей, чия освіта завершилася</p>
	<p>Розвиток науки конвергенції</p>	<p>Як швидко розвинеться наука конвергенції, беручи до уваги складності виявлення основних принципів розуміння різних традиційних галузей в умовах формування нових спільних концепцій?</p>	<p>Нові стратегії імplementації результатів досліджень</p>	<p>Велика кількість нових стратегій буде розроблена для інвестування та імplementації результатів досліджень, поряд з підтримкою старих «перевіраних» стратегій, що не втратили своєї корисності</p>
	<p>Системи оцінки та управління</p>	<p>Які системи оцінки та управління дозволять знайти правильний баланс між конвергенцією та дивергенцією та об'єднати обидві в конвергентно-дивергентний цикл?</p>	<p>Стратегії дослідження та розвитку</p>	<p>Стратегії дослідження та розвитку, як дивергентні, так і конвергентні, дозволять досягти великого прогресу, але лише тоді, коли результати зростаючого розуміння процесів пізнання дозволить лідству імplementувати стратегії, сумісні з процесом функціонування людського мозку</p>
	<p>Зміни у людській культурі</p>	<p>Яким чином зміниться людська культура, якщо вдасться розробити єдине правило розуміння процесу людського пізнання?</p>	<p>Набір на роботу непрофесіоналів команди</p>	<p>Набір на роботу непрофесіоналів в дослідницькі команди (те, що зветься «наука громадяня») обцяє поширити науку завдяки їх волонтерським зусиллям та краще інтегрувати науку в ширшу культуру, але разом з тим існує ризик захоплення псевдонауки та заангажованої науки</p>
			<p>Політика, що базується на оцінці ризику</p>	<p>Політика, що базується на оцінці ризику, може бути корисною для людства в цілому, але при цьому шкодити людям, що проживають в певних географічних регіонах</p>

Закінчення табл. А.3

1	2	3	4	5
	<p>Методи збору даних та критерії успіху</p> <p>Відродження науково-технологічних досліджень</p> <p>Інфраструктура для дослідження, навчання, виробництва</p> <p>Активізація креативності та інновацій</p> <p>Перехід до «доброчинливої цивілізації»</p>	<p>Які методи збору даних та критерії успіху мають бути застосовані для оцінки програм із реформування освіти задля успішної конвергенції?</p> <p>Чи буде можливість відродити науково-технологічні дослідження, яких вимагає правильне застосування технологічних інновацій, враховуючи, що науковці зараз значно відсторонені від проведення досліджень в наукових лабораторіях, промислових корпораціях, урядових агенціях?</p> <p>Враховуючи необхідність у великій кількості розгалуженої інфраструктури для дослідження, навчання, виробництва, чи буде можливим вивести її в пріоритет у доступний спосіб, не порушуючи процесу конвергенції?</p> <p>Які заходи дозволять активізувати креативність та інновації замість деградації?</p> <p>Припускаючи тезу щодо близького кінця науково-технологічного прогресу, чи зможе сучасне суспільство перейти до форми «доброчинливої цивілізації»?</p>	<p>Онлайн-освіта</p> <p>Управління технологічними інноваціями</p> <p>Стратегії розміщення дослідницьких та навчальних центрів</p> <p>Інституційні можливості розширення взаємодії науки і суспільства</p> <p>Розвиток альтернативних моделей</p>	<p>Онлайн-освіта дозволить знизити ціну та підвищити доступність освіти, але зменшить можливість студентів стати членами інтелектуальних спільнот</p> <p>Управління технологічними інноваціями може бути централізованим та авторитарним або децентралізованим та демократичним</p> <p>Іде змагання трьох різних стратегій розміщення дослідницьких та навчальних центрів, а саме: розміщення їх у містцях, де кілька університетів можуть брати участь у діяльності; розміщення їх у регіонах, де наука слабка, з метою покращення ситуації в цих регіонах</p> <p>Дуже важливо розвивати інституційні можливості розширення взаємодії науки і суспільства, але результатом може стати визнання низки інститутів застарілими, що призведе до супротиву з боку людей, які звикли до старих традицій</p> <p>Виробництво напівпровідників є гарною моделлю конвергенції для інших галузей, але якщо поклатися лише на стратегії, вироблені в спеціальних умовах, то розвиток позитивних альтернативних моделей, що можуть виникнути в інших сферах людської діяльності, може значно сповільнитися</p>

Джерело: сформовано автором на основі [28–30]

Додаток Б

Таблиця Б.1

Здобутки, перспективи і наслідки впровадження конвергенції знань, технологій і суспільства в межах платформ людського виміру для вирішення глобальних проблем

Глобальна проблема	Конвергенція людського виміру та якість життя		Наслідки для здоров'я людства та його фізичного потенціалу	
	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.
1	2	3	4	5
Депопуляція і старіння населення	1. Концепція якості життя трансформувалася з суто економічної до більш ширшої та абстрактної форми	–	1. Інформаційні системи та портативні пристрої, які розроблені для універсального використання в медицині і змінюють взаємодію між симптомами та діагнозами, лікарем та пацієнтом	1. Мультиплексні та бюджетні місця надання медичних послуг й комплексна діагностика імунної системи людини будуть використані для розробки нового покоління вакцин/процедур для попередження інфекцій, раку та аутоімунних хвороб
	–	–	2. Доведено значну користь від застосування концепції нанотехнологій в медицині та біомедичних пристроях	2. Цілеспрямоване, індивідуальне лікування раку з максимальним обмеженням побічних ефектів
	–	–	3. Відбулося шестикратне зростання «частки наукового ринку» імунології та вакцинальних досліджень протягом 1953–2012 рр. з прискоренням у минулому десятиріччі. Однак частка онкологічних та серцевих захворювань подвоїлася	3. Цілодобовий контроль за станом здоров'я шляхом запровадження «розумних» мобільних пристроїв та «розумних» будинків, які будуть інформувати і підтримували індивідів та сприяти систематичному спостереженню за станом здоров'я та захворювань

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
	-	-	<p>4. Відбулися зміни у формі складання медичної документації, відповідно до яких індивідуальні паперові записи були заміщені мережевою електронною системою реєстрації</p>	<p>4. Глобалізація медичних досліджень та розробок на основі концепції КЗТС. Демократизація та персоналізація медицини на фоні зростаючої ефективності системи охорони здоров'я і рівноправ'я у глобальному вимірі</p>
	-	-	<p>5. Центр фізичних наук та онкології Національного інституту здоров'я США організував колективну мережу 12 центрів фізичних наук та онкології в університетах США, щоб об'єднати експертів у медицині, біології, фізиці, інженерії та нанотехнологіях, а також переосмислити біомедичні підходи до розуміння та лікування онкологічних хвороб. Такі ж самі роботи ведуться і в ЄС</p>	<p>5. Помітно вдосконалена регенеративна медицина та протезування, що базуються на розвитку клітинних досліджень, вивчення тканин та вирощування органів, нових матеріалів та функціональності пристроїв, новітньої електроніки та сенсорів, здатності контролювати та встановлювати зв'язок з сигналами мозку, а також на розвитку протезів з «розумним» інтерфейсом</p>
	-	-	-	<p>6. Приватні та університетські дослідження стануть рушійною силою для початкового державного фінансування, для приватного та державного партнерства з комерціалізації рішень і для залучення суспільства до управління системою охорони здоров'я</p>

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
<p>Уповільнення науково-технічного прогресу</p>	<p>1. Галузь NBIC з найпотужнішим та безпосереднім впливом на життя людей сьогодні та у короткостроковому майбутньому – це інформаційні технології, хоча вони розвиваються разом з нанонаукою, біотехнологіями та когнітивістикою</p> <p>2. Демократизація мережі Інтернет відбулася через «Web 2.0», «розрахунки у хмарі», «соціальні мережі», відкрите програмне забезпечення та інші засоби для створення інтернет-контенту та управління ним індивідами, а не великими компаніями або державними агентствами</p>	<p>1. Наукові дослідження та розробки, виконані в межах відкритої парадигми, прискорять розвиток, репродукцію, адаптацію та реплікацію колективних організаційних форм</p> <p>2. Конвергенція вирає від: 1) прозорих, відкритих моделей та відображення процесів, що може виражатися водночас у формі, зрозумілої для людини, та у формі розрахунків; 2) моделей та відображення, які можуть бути візуалізовані, змодельовані за допомогою комп'ютера та використані у сферах з різними типами та кількістю даних</p>	<p>-</p>	<p>7. Конвергенція медицини та NBIC-технологій покращить добробут та потенціал людства через модель медицини «P4» – індивідуальну, передбачувану, колегіальну та профілактичну</p>

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5
	3. З'явився новий погляд на обробку даних як на послугу (обмін знаннями), а не як на продаж апаратних та програмних засобів	3. Нові комбінації технологій NBIC будуть спроектовані для прямого використання у житті людини, наприклад, у сфері допоміжної робототехніки, робототехніки для потреб освіти, у тому числі освіти дітей	-	-
	4. Держави, що розвиваються, швидко привчалилися до мобільного зв'язку /розрахункових систем	4. Робототехніка стане: (1) більш доступною, недорогою і орієнтованою на споживача; (2) буде спиратись на конвергенцію інформаційних технологій з метою соціальної та когнітивної підтримки індивідів	-	-
	5. За підтримки КЗТС відбувся розвиток наукових баз даних колективного використання, наукового співробітництва та віртуальних організацій з підтримки обміну дослідженнями та розробками	5. Соціальні науки будуть більш інтегровані у сферу NBIC, щоб поєднати їх та підвищити ефективність. Цей процес включає поширення «громадянської науки» та створення «громадянської соціальної науки»	-	-
	6. Державні агентства почали використовувати «віртуальні групові дискусії» для перегляду науково-дослідних пропозицій	6. Подолання довгострокових етичних, правових та соціальних проблем буде більш проактивним	-	-

Закінчення табл. Б.1

1	2	3	4	5
	як приклад широко поширеного використання віддалених зустрічей та систем обміну документами			
	7. Для покращення взаємодії між роботами та людьми для вигоди останніх була розроблена нова галузь досліджень	7. Буде розроблено більше демократичних правил та принципів для компетентного управління КЗТС, що в цілому створить умови для кращої та більш сталої якості життя всього людства	-	-

Джерело: сформовано автором на основі [28; 29]

Таблиця Б.2

Здобутки, перспективи і наслідки впровадження конвергенції знань, технологій і суспільства в межах платформи земного виміру для вирішення глобальних проблем

Глобальна проблема	Конвергенція систем земного виміру		Наслідки для задоволення глобальних когнітивних та біофізичних потреб	
	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.
1	2	3	4	5
Нова енергетика; екологічні проблеми	<p>1. Системи та інструменти моніторингу/управління: системи та моделі якості й температури повітря й води, руху транспорту, землекористування, глобальних електричних та магнітних мереж, взаємодії Сонце-Земля та ін.; GPS-технології для управління транспортом та відстеження ключових видів; моделювання/симуляція для більш надійного прогнозування надзвичайних погодних умов, надзвичайних випадків в енергетичних системах та телекомунікаціях</p>	<p>1. Системи контролю: зростання масштабів на кілька порядків через падіння витрат; розширення зони дії повітряних/водних/транспортних систем у реальному часі; розширення зони супутникового зв'язку та позначення ключових видів для покращення моніторингу у екосистемі; зростання індивідуального контролю здоров'я та оточення</p>	<p>1. Безконтактне картування та стимуляція мозку:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ функціональна магнітно-резонансна томографія наразі домінує у когнітивних та нейрофізіологічних дослідженнях; ▪ моделі розпізнання невербальної комунікації: пізнання простору, методи альтернативних відчуттів, мозок-мозок та мозок-машини; ▪ розвиток нейроморфної інженерії; ▪ наноелектронна емуляція деяких функцій мозку; ▪ транскраніальна магнітна стимуляція, яка надає можливість активувати «сплячі» зони мозку, таким чином відкриваючи нові варіанти лікування 	<p>1. Мозкові технології активування сенсорів адаптуються під сучасну просторово-часову динаміку нейронного коду людського мозку, і разом вони швидко інтегруються у біологічну мозкову тканину, оскільки інтерфейс мозку-машини стане меншим та вдосконаленішим</p>

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
<p>Уповільнення науково-технічного прогресу</p>	<p>2. <i>Енергія</i>: галузі відновлюваної енергії, такі як енергія сонця, вітру, біопаливо та енергоефективні технології, що стимулюють появу професій та нових поглядів</p>	<p>–</p>	<p>2. Персональна геноміка низької вартості</p>	<p>2. Перетворення держави буде базуватися на подовженні працездатного віку, високому рівні безпеки для зменшення фізично-когнітивного занепаду, соціальному моделюванні для забезпечення повноцінного життя, ефективного використання NBC та інших КЗТС-досягнень у сфері охорони здоров'я, національної безпеки та національної економічної конкурентоспроможності</p>
	<p>1. <i>Системи знань</i>: комплексні та нелінійні системи; теоретичні основи глобальних систем оточуючого середовища; нова дисципліна – наука про земні системи; високопродуктивні розрахунки, обробка даних, моделювання та візуалізація; колективні дослідження за допомогою інтернет-ресурсів; розвиток міжнародних та місцевих «прикордонних» дорадчих організацій; регіональні мережі для допомоги фермерам у вирішенні проблем з водою, засавами та худобою</p>	<p>1. <i>Системи знань</i>: зростання глобалізації досліджень систем земного виміру (особливо, оточуючого середовища); підвищення просторової дозвільної здатності у глобальному кліматичному моделюванні для використання більш ефективної політичної лінії; більше проникнення аналітичних основ та системного аналізу у теоретичні дисципліни та їх використання для визначення КЗТС-проблем та можливостей; досягнення у сфері ІКТ і когнітивістики для розробки та впровадження колективних політичних рішень суспільства</p>	<p>1. Мобільні комп'ютерні сервіси, соціальні мережі, громадська журналістика розширили можливості для пошуку знань, комунікації та залучення громадян до політики та науки</p>	<p>1. У глобальному масштабі поглиблене та імплементоване пізнання буде покращувати та підтримувати взаємодію людей та наше розуміння суспільства і природи</p>

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5
	<p>2. <i>Інформаційні технології</i>: розширення діапазону частот та доступу до комп'ютерних мереж, глобальна звичка до мобільних пристроїв та численних додатків; більша кількість колективних розрахунків та розширений доступ до даних земних систем</p>	<p>2. <i>Системи комунікації</i>: зростання можливостей, складності та адаптації систем, пов'язане з підвищенням інформаційних та візуалізаційних можливостей та системами NBIC, які полегшують як співробітництво у сфері наукових досліджень і розробок, так і в виробленні політики</p> <p>3. <i>Системи управління</i>: «розумні» електричні мережі, транспортні та транзитні системи; тестування глобальних систем охолодження; інтенсивніший менеджмент природних систем; зростання розуміння короткострокових та довгострокових глобальних наслідків застосування вироблених наноматеріалів порівняно з розробкою регуляційної політики і все це за підтримки добре налагоджених баз даних</p>	<p>2. Доступ суспільства до великих масивів інформації</p>	<p>2. Нова концепція «когному» буде проекцію пізнання більш високого рівня (як індивідуального, так і соціального) та допоможе глибше зрозуміти наш людський потенціал й обмеження у рамках системи людської діяльності, що постійно еволюціонує</p>
	<p>3. <i>Космічні програми</i>: зростання інвестицій шляхом розвитку державного та приватного секторів</p>		<p>3. Розподілене проектування «Виробника» та виробничих технологій, що підтримує творчих людей в індивідуальних та спільних точках розміщення</p>	<p>3. Робототехніка ті інші технології будуть забезпечувати індивідам та їх групам все більшу когнітивну та соціальну підтримку залежно від їх потреб</p>
	<p>–</p>	<p>4. <i>Інші системи</i>, включаючи глобалізацію космічного простору, будуть підтримувати вищевказані тенденції</p>	<p>4. Всі ці досягнення пов'язані з <i>повсюдністю</i>: новітні технології стали меншими, швидшими та стали частиною повсякденного життя</p>	<p>4. Трансдисциплінарна / групова наукова діяльність призведе до відродження людського пізнання та соціальних комунікацій – <i>когнітивної науки про науку, а саме</i>:</p>

Закінчення табл. Б.2

1	2	3	4	5
				<p>вдосконалене проектування наукових методів; краща освіта для майбутніх науковців; унікальна аналітична інформація для допомоги групам науковців; нові принципи конвергенції у науці. У комплексі ці елементи допоможуть втілити у життя «когнітивне суспільство»</p>

Джерело: сформовано автором на основі [28; 29]

Таблиця Б.3

Здобутки, перспективи і наслідки впровадження конвергенції знань, технологій і суспільства в межах соціальної платформи для вирішення глобальних проблем

Глобальна проблема	Методи покращення та прискорення конвергенції		Наслідки соціального колективного ефекту, в тому числі виробничого	
	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.	Досягнення за період 2001–2010 рр.	Перспективи до 2020 р.
1	2	3	4	5
Депуляція і старіння населення	–	–	1. У клінічне середовище успішно інтегрувалися різні дисципліни	1. Посилення сенсорної індикації людини розширить нинішні можливості, наприклад, з'являться зручні для людського використання електронні/органічні сенсорні мережі для покращення взаємодії типу «людина-машина»
Уповільнення науково-технічного прогресу	1. У наукових дослідженнях та розробках й у відповідних публікаціях є очевидні колективні підходи у розрізі двох або трьох блоків NBIC, кількість яких зростає щороку на 25 %	1. Проактивна, системна, цілісна конвергенція буде розвиватися у різних сферах знань, технологій та суспільства	1. Гнучкі виробничі процеси та системи, такі як адитивне виробництво (AB), були застосовані у проектуванні/виробництві кінцевих функціональних продуктів та нових модулів, наприклад, 3D-друку на м'яких матеріалах та біопрототипування клітин та стимуляторів росту	1. Розвиток виробництва еволюціонує зі сконцентрованої, урбаністичної моделі економії на масштабах до розширеної моделі спланованого масового виробництва на основі індивідуальних замовлень, докорінно канал доступу до знань
	2. Різноманітні всевітні програми та організації мають на меті підтримку конвергентного розвитку, наприклад:	2. Будуть розроблені мови конвергенції високого рівня для ідентифікації інтеграторів серед доменів та спрощення інтеграції між	2. Напівавровідникова промисловість досягла успіхів у продовженні Закону Мура для нанотехнологій	2. Дослідження мозку та виробництво будуть взаємопов'язані на прикладі електронних мереж/пристроїв для розуміння функцій

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4	5
	<p>1) MIS США фінансує міждисциплінарні дослідження та наукову роботу навчальних центрів;</p> <p>2) щорічні конвергентні технологічні програми ЄС; зосередження бельгійської організації IMES на біо-нано-котно технологіях;</p> <p>3) російський Центр Курчатова з NBIC-конвергенції;</p> <p>4) індійський Центр конвергентних технологій;</p> <p>5) програми у Японії, Кореї, Китаї</p>	<p>платформами для посилення творчого потенціалу та інноваційності;</p>	<p>3. Робототехніка значно розвинулася з точки зору точності, гнучкості та інтеграції у різні сфери, у тому числі у виробничі сфери, у тому числі у приймальну операційну систему Да Вінчі, у гуманоїдів-асистентів, тобто у нову концепцію «роботів» (в тому числі таких, що самонавчаються)</p> <p>4. Відкрився глобальний інтернет-доступ до якісної освіти, наприклад, EdX, Khan Academy</p>	<p>мозку завдяки знанням, використаним для посилення швидкості та процесу виявлення результатів застосування нових матеріалів або розробки нового обладнання</p> <p>3. КЗТС сприятиме об'єднанню кількох різних наук, інженерії, додатків та етико-соціо-правового виміру</p> <p>4. З'явиться потреба у новій владі/правових нормах</p>
	<p>3. Стипендії MIS (США), що покривають три або більше області NBIC, значно зросли, у таких сферах: квантова інформатика, екобіорізноманіття, нейроморфна інженерія, кіберфізичні системи, синтетична біологія, наносенсори та оточуюче середовище, інженерія адаптивних систем та вдосконалення віртуальної реальності</p> <p>4. Були здійснені перші кроки у конвергенції освіти з використанням різних методів, у тому числі центрів повної конвергенції,</p>	<p>3. Увага буде сконцентрована на індивідуальній освіті та саморегульованій конвергенції в межах спільнот</p>	<p>3. Робототехніка значно розвинулася з точки зору точності, гнучкості та інтеграції у різні сфери, у тому числі у виробничі сфери, у тому числі у приймальну операційну систему Да Вінчі, у гуманоїдів-асистентів, тобто у нову концепцію «роботів» (в тому числі таких, що самонавчаються)</p> <p>4. Відкрився глобальний інтернет-доступ до якісної освіти, наприклад, EdX, Khan Academy</p>	<p>3. КЗТС сприятиме об'єднанню кількох різних наук, інженерії, додатків та етико-соціо-правового виміру</p> <p>4. З'явиться потреба у новій владі/правових нормах</p>
	<p>4. Були здійснені перші кроки у конвергенції освіти з використанням різних методів, у тому числі центрів повної конвергенції,</p>	<p>4. Державні установи та правила будуть оновлені для підтримки та посилення конвергенції</p>	<p>4. Відкрився глобальний інтернет-доступ до якісної освіти, наприклад, EdX, Khan Academy</p>	<p>4. З'явиться потреба у новій владі/правових нормах</p>

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4	5
	<p>наприклад, у Массачусетському технологічному інституті, Державному університеті Арізони, Політехнічному інституті державного університету Вірджинії та Сеульському національному університеті</p> <p>5. Навіть обмежена конвергенція призводить до відкриттів та інновацій по всьому світові, що є новим джерелом конкурентної переваги у глобальній економіці</p>	<p>5. Наука про конвергенцію виникне у контекстах прийняття рішень, виробництва тощо.</p> <p>Завдання щодо досягнення такого розвитку включають:</p> <p>1) створення великого пакета засобів підтримки конвергенції на всіх фазах інноваційної спіралі: вдосконалені системні методи, колективні підходи, такі як психо-кібер-фізичні платформи, інформатика, виробничі рішення, моделі фінансування перспективних теоретичних досліджень, незалежні суспільства та відкрите правління;</p> <p>2) нові механізми фінансування, які б створили умови для ідей конвергентної науки/технологій, наприклад, виношування ідей перед її офіційною пропозицією;</p>	<p>5. Дрібномасштабне багатопрофільне виробництво почало широко застосовуватися, оскільки воно може створити умови для локалізованого, спеціалізованого виробництва та зменшення капітальних інвестицій, які зумовлюють персоналізацію продукції, нові способи землекористування та використання інфраструктури, більші можливості працевлаштування та вирішення певних соціальних проблем, які виникають у сконцентрованому міському житті</p>	<p>5. Децентралізованому виробництву «на замовлення» будуть сприяти машини та системи, пов'язані з інформаційними технологіями, що мають високий рівень автономії, проводять вимірювання та розрахунки на місці, мають можливість дистанційної діагностики та інші функції, що розширюють можливості індивідів та систем. Приклади включають виготовлення унікальних речей (надання послуг) тільки у міру необхідності, у тому числі у сфері медицини, таких як відновлення/заміна нерву або м'язових тканин чи персональна видача ліків</p>

Закінчення табл. Б.3

1	2	3	4	5
		3) вдосконалення технік мережевої візуалізації для визначення синергичних можливостей в межах інших міждисциплінарних груп; 4) міжнародний обмін моделями для аналізу глобальних інвестицій у дослідження і розробки у таких сферах, як гібридне виробництво, медично-когнітивний прогрес та наука про управління		

Джерело: сформовано автором на основі [28; 29]

Додаток В

Таблиця В.1

Десять технологій, які за прогнозами компанії Cisco змінять світ у 2010–2020 рр.

Технологія	Перспективні зміни
1	2
Інтернет речей	Стрімке розповсюдження смартфонів і планшетних комп'ютерів призвело до того, що у 2010 р. на кожну людину планети вже приходиться більше, ніж по одному пристрою, що підключений до Інтернету (12,5 млрд гаджетів у 7 млрд населення). До 2020 р. кількість інтернет-пристроїв досягне 50 млрд – по шість на кожного землянина. Розвиток Всесвітньої мережі значно розширює можливості збору, аналізу і розподілу даних. Так, молада нідерландська компанія Sракет вживлює сенсори в уші корів, щоб слідкувати за їхнім здоров'ям і переміщеннями
Зета-наводнення	У 2008 р. було створено біля 5 екзабайтів унікальної інформації. Щоб розмістити такий обсяг даних, потребується 1 млрд DVD-дисків. Через три роки, тобто у 2011 р., розмір унікальної інформації збільшиться до 1,2 зеттабайта. Потяг людей до мультимедіа, особливо до відео, привело до того, що у 2015 р. більше 90 % даних в Інтернеті буде приходиться на відеоконтент. Це потребує оптимізації архітектури безпеки і підвищення якості послуг з передачі інформації
«Мудрі хмари»	До 2020 р. третина усіх даних буде зберігатись або передаватись за допомогою хмарового обчислювального середовища. Середньорічне зростання загальносвітового доходу від хмарних серверів складе 20 %, а витрати на інновації і хмарні обчислення до 2014 р. можуть досягти 1 трлн дол. США. Хмарні сервіси вже спроможні перекладати з однієї мови на іншу в реальному часі, забезпечувати доступ до потужних суперкомп'ютерів і слідкувати за станом здоров'я людини
Мережі нового покоління	З 1990 р. швидкість передачі даних у домашніх мережах зросла у 170 тисяч разів. Наприклад, у будинку, де пропускна полоса мережі складає 50 Мб/с, забезпечується одночасна робота домашньої системи телеприсутності (розповсюджена технологія для дистанційного спілкування, проведення телеконференцій тощо), потокової передачі фільмів і онлайн-ігор. У наступні 10 років швидкість домашнього з'єднання збільшиться у 3 млн разів. Мережі майбутнього стануть у десятки разів швидше за сьогоденні і будуть добре масштабуватись, щоб задовольнити зростаючий попит користувачів
Земля «пласка»... як технології, що використовують	Швидкість і рівень проникнення комунікацій збільшується. Наприклад, у «Твіттері» повідомлення про землетрус від жителів Японії з'явилося ще до того, як сейсмічна служба США попередила про можливе цунамі населення штатів Аляска, Вашингтон, Орегон і Каліфорнія. Збір, розповсюдження і споживання інформації про події тижня починається не у «практично реальному», а у дійсно реальному часі. Такі зміни стануть можливими завдяки трьом технічним досягненням: мобільному Інтернету, веб-телебаченню і генеруванню контенту будь-де і у будь-який час

Закінчення табл. В.1

1	2
Енергія – це життя	Зростання чисельності населення планети і урбанізації на протязі наступних 20 років приведе до появи щомісячно міста-мільйонника. Енергетичну кризу можуть вирішити сонячні станції. Тільки сонячна енергія дає змогу задовольнити сьогодишній попит на енергію у світі – достатньо побудувати 25 сонячних суперелектростанцій площею біля 100 км ² кожна. «Друкуювання» сонячних елементів значно подешевшало. Так, у червні 2011 р. дослідники зі штату Орегон повідомили про розробку технології виробництва сонячних батарей за допомогою струмінних принтерів
Усе на користь людині	До свого часу людство пристосовувалося до технологій. В майбутньому технології стануть пристосовуватись до людей. Вже сьогодні машинний зір дозволяє зняти камерую смартфон головоломку і миттєво вирішити її. Додана реальність і управління комп'ютерами за допомогою жестів дадуть змогу перетворювати сфери освіти, охорони здоров'я, комунікацій, а також поєднати віртуальний і реальний світи. Можливо, буде створено інтерфейс «людський мозок – машина». А це, наприклад, дозволить людям з травмами хребта жити повноцінним життям
Нова реальність	Перехід від фізичної реальності до віртуальної продовжується. Колись люди купували книжки, CD і DVD-диски, а сьогодні є можливість замовити цю інформацію на персональні гаджети. Подібне буде відбуватись і з іншими предметами завдяки застосуванню 3D-друку і «адаптивного виробництва» (процесу об'єднання матеріалів для створення предметів шар за шаром на основі 3D-моделювання). Зараз так вже «друкують» іграшки і машини. Скоро людство навчиться друкувати і людські органи. У березні 2011 р. на одній з конференцій представник Інституту регенеративної медицини Уейк-Фореста (США) прямо на сцені надрукував модель людської нирки. Це надає впевненості, що друкування живих тканин – питання часу
Альтернативна гілка еволюції	Анімовані персонажі вже перетворюють текст у мову, розпізнають її і засвоюють знання, одержані під час спілкування. Робототехніка розвивається швидкими темпами. До 2020 р. роботи стануть досконалішими за людей за фізичними можливостями. До 2025 р. популяція робітників перевищить за чисельністю населення розвинених країн, до 2032 р. інтелект таких машин перевищить людський, а до 2035 р. вони повністю замінять людей як робочу силу
Така ж людина, але краще	Людство пододало поріг пізнання і стає власником власної еволюції. Так, наприклад, у жовтні 2009 р. італійські і шведські вчені розробили штучну руку з передачею тактильних відчуттів; у березні 2010 р. імплантати стіквіки ока дозволили відновити зір сліпим пацієнтам; у червні 2011 р. Інститут серця в Техасі (США) розробив «серце, що обертається» без пульсу, тромбів і поломок

Джерело: сформовано автором на основі [57; 58]

Таблиця В.2

Десять наукових проблем і відкриттів, зроблених у 2000–2010 рр. при широкому використанні ІКТ

Відкриття	Перспективні зміни
1	2
Геном людини	У 2001 р. дослідники за допомогою суперкомп'ютерів повністю розшифрували геном людини. Використовуючи цю інформацію, вчені зможуть уточнити еволюційну історію живих істот і знайти гени, що відповідають за різні хвороби
Стовбурові клітини	Ембріональні стовбурові клітини здатні перетворюватись у будь-які клітини людського організму. Цю властивість медики активно використовують при лікуванні безлічі захворювань (наприклад, хвороби Паркінсона). Крім того, теоретично з них можна вирощувати будь-які органи, однак експерименти з ембріонами у багатьох країнах заборонені. У 2006 р. розроблено нову методику одержання аналогів ембріональних стовбурових клітин із з'єднувальної тканини дорослої людини. У 2009 р. доведено, що одержані із з'єднувальної тканини клітини повністю ідентичні ембріональним
Вакцина проти СНДу	Вперше комбінація вакцин проти СНДу підтвердила свою ефективність. Ризик зараження смертельною хворобою знизився на третину в ході тестування, яке проходило у Таїланді у 2006–2009 рр. і охопило 16 тис. добровольців. Комбінація складена з двох, розроблених у США вакцин, – ALVAC (виробництва запобігання), що стимулює імунну відповідь на вірус, а також вакцини AIDSVAX (VaxGen), що посилює реакцію. Модулювання цієї комбінованої вакцини проведено на потужному комп'ютері
Силою думки	У 2004 р. були розроблені у США спеціальні пристрої, які зчитують думки і дозволяють керувати комп'ютером. У 2009 р. з'явилося повідомлення про людину, яка за допомогою цієї технології оволоділа управлінням протезом, поєднаним з нервами плеча
Глобальне потепління	Клімат Землі стає теплішим (середня температура на планеті піднялась на 0,7 °С порівняно з початком промислової революції – з другої половини XVIII століття), але чи пов'язаний цей процес з діяльністю людини, поки довести не вдалося. Одні вчені стверджують, що такий взаємозв'язок існує, інші їх спростовують. Зміни клімату регулярно обговорюються керівниками провідних країн світу, а остаточно відповідь буде надана після реалізації комплексних розрахунків для створених моделей прогнозування кліматичних змін за допомогою мережі суперкомп'ютерів
Уточнюємо предків	У 2001 р. в пустелі Чад знайдено череп істоти, які вчені віднесли до виду <i>Sahelanthropus tchadensis</i> – можливо, одного з предків людини. Вік останків – сім мільйонів років. Раніш вважалося, що еволюційній лінії людини і мавп розійшлися п'ять мільйонів років тому
Практично як Земля	У 2009 р. відкрита планета GJ1214, яка знаходиться від Землі на відстані 40 світлових років, має атмосферу у 200 км (яка погано пропускає світло), добу – 38 годин, масу – у 6 разів більше за земну, радіус – 2,7 від земного. Температура на поверхні – 200 °С. Всього з 1992 р.

Закінчення табл. В.2

1	2
	астрономи за допомогою комп'ютерної техніки виявили більше трьох сотень планет поза Сонячною системою – усі за непрямыми ознаками і в результаті об'ємних розрахунків. Перші фотографії таких космічних об'єктів з'явилися у 2008 р.
Життя на Марсі	У 2002 р. під час досліджень поверхні Марсу космічний апарат Mars Odyssey виявив наявність води, а у 2004 р. апарат Mars Express виявив метан, що є непрямым підтвердженням існування життя на цій планеті. У 2008 р. зонд Phoenix знайшов перхлорати – речовину, яка може бути похідною деяких органічних молекул. Остаточний висновок щодо існування життя на Марсі припускають зробити у 2016 р., коли на планету відправиться марсохід ExoMars
Більше не планета	У 2008 р. астрономи скоротили список планет Сонячної системи до восьми. Плутон одержав статус плутоїда – нової категорії небесних тіл
Темна матерія	У 2006 р. при вивченні галактичного скупчення Пулі одержано переконливі докази існування темної матерії – загадкової речовини, яка бере участь у гравітаційній взаємодії, але не бере участі у електромагнітній. На частку темної матерії приходить до 20% усієї маси Всесвіту

Джерело: сформовано автором на основі [119; 120]

Таблиця В.3

Відповідність глобальних проблем людства і десяти найбільших наукових проблем, відкриттів та технологій, що з'явилися у період 2000–2010 рр. і які матимуть вплив на суспільство в найближчі десятиліття

Глобальна проблема	10 наукових відкриттів десятиріччя (2000–2010 рр.)			10 провідних технологій світу, МП	
	Назва	Опис	Назва	Опис	
1	2	3	4	5	
1. Депопуляція і старіння населення	Геном людини	У 2001 р. дослідники повністю розшифрували геном людини. Використовуючи цю ін формулю, вчені можуть уточнити еволюційну історію живих істот і знайти гени, що відповідають за різноманітні хвороби	Епігенетика	Можливість за допомогою генетичних тестів виявляти онкологічні та інші небезпечні захворювання на ранніх стадіях	
	Стовбурові клітини	Ембріональні стовбурові клітини спроможні перетворюватись у будь-які клітини організму людини. Цю властивість медики активно використовують при лікуванні великої кількості захворювань (наприклад, хвороби Паркінсона). Крім того, теоретично з них можна вирощувати будь-які органи, однак експерименти з ембріонами у багатьох країнах заборонені. У 2006 р. розроблена нова методика одержання аналогів ембріональних стовбурових клітин із з'єднувальної тканини дорослої людини. У 2009 р. доведено, що одержані зі з'єднувальної тканини клітини повністю тождні ембріональним	Ядерне перепрограмування	Оновлення організму шляхом заміни хворих клітин на здорові, отримані клонуванням	
	Вакцина проти СНІДу	Вперше комбінація вакцин проти СНІДу підтвердила свою ефективність. Ризик зараження смертельною хворобою знизився на третину в ході тестування, яке проходило у Таїланді в 2006–2009 рр. і охопило 16 тис. добровольців. Комбінація складена з двох вакцин, що були розроблені в США: ALVAC (виробництва Sanofi-aventis), яка стимулює імунну відповідь на вірус, та AIDSVAX, яка підсилює реакцію (VaxGen)	Наномедицина	Дозволить транспортувати лікарські засоби безпосередньо у хворі клітини	

Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5
	-		Технологія порівняльної взаємодії	Досконально вивчаючи, яким чином різні складові клітин взаємодіють між собою, можна попереджувати «смертельні поломки» організму, тим самим продовжувати життя
	Силою думки	Спеціальні пристрої, що дозволяють зчитувати думки і керувати комп'ютером, винайдені в США у 2004 р. У 2009 р. з'явилось повідомлення про людину, яка за допомогою цієї технології освоїла керування протезом, який був поєднаний з нервами плеча	Дифузійне зображення	Використовуючи технології сканування головного мозку, можна буде діагностувати та виліковувати такі тяжкі захворювання, як шизофренія, хвороба Альцгеймера та ін.
2. Екологічні проблеми	Глобальне потепління	Клімат Землі стає теплішим (середня температура на планеті піднялася на 0,7 °С порівняно з початком промислової революції – з другої половини XVIII сторіччя), та чи пов'язаний цей процес з діяльністю людини, поки ще довести не вдалося. Одні вчені стверджують, що такий взаємозв'язок існує, інші це заперечують. Проте зміни клімату регулярно обговорюються керівниками провідних країн світу, а Україна тим часом заробляє на продажі квот на викиди вуглецевого газу	-	-
3. Відставання від шостого технологічного укладу	Нанофізика, нанобіологія, наноматеріалознавство, нанохімія, нанотехнології	-	Нанобіомеханіка	Дозволить проаналізувати процеси механічної взаємодії клітин, створити біохімічні комплекси, які здатні виконувати роботу на мікрорівні

Продовження табл. В.3

1	2	3	4	5
			Бездротовий Всесвіт	Дасть змогу навчити електронні пристрої «спілкуватись» між собою
Інформаційні технології		-	Безпечний Інтернет	Дасть можливість захистити користувачів Інтернету від розголошення особистої інформації
		-	Когнітивне радіо	З розвитком бездротового зв'язку виникає нова проблема – перешкоди. Навчити мобільні телефони, комп'ютери, що підключені до бездротового Інтернету, радіостанції т. ін. працювати злагоджено, не заважаючи один одному
Мікроелектроніка, наноелектроніка		-	Кремній, що розтягується	Кремній є основним матеріалом сучасної електроніки. Створюючи нові форми цієї речовини, можна одержати новітні технологічні можливості
Темна матерія		В 2006 р. при вивченні галактичного скупчення Пулі одержані переконливі докази існування темної матерії – загадкової речовини, яка приймає участь у гравітаційній взаємодії, але не бере участі в електромагнітній взаємодії. Частка темної матерії складає до 20% від всієї маси Всесвіту	-	-
Практично як Земля		Відкрита наприкінці 2009 р. планета GJ 1214, що знаходиться від Землі на відстані всього 40 світлових років має сутки тривалістю 38 годин, масу шестеро більшу від маси Землі, радіус – 2,7 від земного, атмосферу товщиною 200 км, що погано пропускає світло. Температура на поверхні	-	-

Закінчення табл. В.3

1	2	3	4	5
4.Фундаментальні дослідження	-	планети близько 200 °С. За земними уявленнями така планета не може мати життя. Всього з 1992 р. астрономи відкрили біля 300 планет зовні Сонячної системи – усі за непрямыми ознаками. А перші фотографії таких космічних об'єктів були одержані у 2008 р.	-	-
	Життя на Марсі	Непрямим підтвердженням життя на Червоній планеті є наявність води (її виявив у 2002 р. космічний апарат Mars Odyssey) і метану (2004 р., Mars Express). У 2009 р. зонд Phoenix знайшов перхлорати – речовину, яка може бути похідною деяких органічних молекул. Достаточний висновок щодо існування життя на Марсі припускають зробити до 2020 р., коли на планету відправиться марсохід ExoMars	-	-
	Науки про життя: виникнення, еволюція, людина	В 2001 р. в пустелі Чад знайдено череп істоти, яку вчені віднесли до виду <i>Sahelanthropus tchadensis</i> – за припущенням, одного з предків людини. Вік останків – сім мільйонів років. Раніше вважалося, що еволюційні шляхи людини і мавп розійшлися п'ять мільйонів років тому	-	-

Джерело: сформовано автором на основі [119; 121]

Таблиця В.4

Передові (проривні) наукові та інженерні розробки, що будуть визначати розвиток глобального виробництва у 2020–2030 рр. (UNIDO, University of Cambridge, 2013 р.)

Передові технології і розробки		Що включають
1	2	3
Група технологій	Основні підгрупи	Склад групи (підгрупи)
	Уся технологія разом	Включає: сканування, зондування і обробка зображень; інформаційно-комунікаційні мережі і зберігання даних; екрани й дисплеї; розширення можливостей освітлення; фотонні енергетичні системи; лазерні системи/ Фотоніка також відома як оптоелектроніка (OE), є технологією, у якій інформаційні сигнали переносяться електронами, перетворюються на фотони і навпаки. Застосування фотоніки охоплює широкий спектр областей, в тому числі промислові лазери, побутову електроніку, електровз'язок, зберігання даних, біотехнології, медицину, загальне освітлення і оборону. Фотоніка дозволяє здійснювати оптичну передачу інформації має потенціал для розробки нових медичних і освітлювальних додатків, а також альтернативних джерел енергії
Фотоніка		Включають: біофармацевтику; тканинну інженерію / регенеративну медицину; синтетична біологію; біовиробництва з використанням самозбірки. Завдяки науковим досягненням у геноміці виробники вже працюють з біоматеріалами, створюючи біопродукти за допомогою біопроцесів. Промислові біотехнології, ймовірно, будуть мати найбільший вплив на харчову, хімічну, енергетичну, фармацевтичну та текстильну промисловості, що дозволить цим галузям випускати продукцію на економічно і екологічно стійкій основі
	Біофармацевтика	Біофармацевтика є найбільш активною областю застосування біотехнологій, яка все більш зміщується від виробництва традиційних метаболітів, антибіотиків, стероїдів і вітамінів до нових біотехнологічних концепцій, в тому числі рекомбінантних білків, модифікованих антитіл та генної терапії. Багато з нових продуктів розроблено в тому числі на основі протеїнів для застосування в таких областях, як онкологія, неврологія і запалення. Біофармацевтичні препарати імітують склад речовин, знайдених в організмі, і через свою специфічність мають потенціал для лікування захворювань, а не просто лікування симптомів, а також мають менше побічних ефектів. Зі збільшенням числа нових захворювань, що піддаються лікуванню біофармацевтичними препаратами, ці переваги підвищують попит на цей вид препаратів у всьому світі

Продовження табл. В.4

1	2	3
Біотехнології	<p>Проблеми глобального фармацевтичного виробництва в майбутньому включають таке: (1) оптимізацію систем експресії для зменшення варіабельності виробництва; (2) покращення продукту і процесу зняття характеристик; (3) впорядкування проектування і експлуатації заводів: капітальні вкладення у виробництва є значними і мають бути здійсненими на основі прогнозів попиту; (4) суворі і змінні нормативні вимоги з охорони навколишнього середовища для валідації процесів; (5) нестача робочої сили</p> <p>Синтетична біологія спрямована на проектування та інженерію компонентів на основі біологічних нових пристроїв і систем, а також перепроєктування існуючих, природних біологічних систем. Синтетична біологія намагається створити широкий набір інструментів з біологічних методів і технологій для розуміння біологічних систем, секвенування ДНК, а також пов'язаного з цим розуміння функції генів і білків (в тому числі досягнень в галузі геноміки, протеоміки, системної біології та генної інженерії).</p> <p>Потенційні досягнення у виробництві з використанням інструментів синтетичної біології:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ до 2020 р.: нові інструменти – виготовлення синтетичних ферментів, нові інструменти для маніпулювання геномом, нові інструменти для конструювання білків; потенційні виходи – синтезування, хімічна і фармацевтична промисловість, виробництво біопалива; ▪ до 2025 – 2040 рр.: нові інструменти – ходова частина, узагальнені синтетичні платформи; потенційні виходи – синтез конструційних матеріалів, виробництво хімічної і фармацевтичної продукції та біопалива; ▪ понад 2040 р.: нові інструменти – різнобічно розвинені і міцні синтетичні організми у якості виробничих платформ; потенційні виходи – виробництво конструційних матеріалів <p>Тканинна інженерія – це використання фізичних, хімічних, біологічних і технологічних процесів з метою контролювати і спрямовувати сукупну поведінку клітин. Це область, яка частково збігається з регенеративною медициною, яка заснована на використанні стовбурових клітин. Тканинна інженерія, в основному, зосереджена на створенні складних біологічних матеріалів, в тому числі кісток і органів.</p> <p>Перспектива: існують можливості для виробництва клітин крові і продуктів, розробки матеріалів для доставки невеликих молекул лікарських засобів і біопрепаратів, біоактивних покриттів і хірургічних матеріалів (наприклад, герметиків тканини)</p>	<p>Включають: вуглецеві нанотрубки; композиційні конструкційні матеріали; наноелектроніку; нанотехнологічні покриття; наночастинки; наномітки.</p> <p>Нові застосування нанотехнологій вже сьогодні революціонізують виробничу діяльність і залучають значні інвестиції в цю область як в приватному, так і в державному секторах у країнах всього світу. Нанотехнології можуть вплинути на виробництво практично</p>
Нанотехнології	Уся технологія разом	

Продовження табл. В.4

1	2	3
Мікротехнології	Уся технологія разом	<p>кожного виготовленого товару – від автомобілів і електроніки до розширеної діагностики, хірургії, передових лікарських засобів і заміни тканин і кісток. Незлічену кількість нових наноматеріалів було розроблено в лабораторіях по всьому світу, оскільки вони мають багато потенційних застосувань. Останні патентний аналіз показує, що нанотехнології будуть особливо важливі для хімічної, фармацевтичної, металургійної галузей, машинобудування і електроніки.</p> <p>Наномасштабне виробництво є міждисциплінарним, в тому числі (але не обмежуючись ними) у галузі механіки, електротехніки, фізики, хімії, біології та біомедичної інженерії. Традиційні технології виробництва наноматеріалів включають: синтез; фазові процеси новітнього газу (наприклад, плазменного або з використанням мікрохвильових процесів), нові вологі процеси (наприклад, золь-гельні процеси), дисперсію і стабілізацію, місцеву функціоналізацію, інтеграцію візерункових і кінцевих систем.</p> <p>Перспектива розвитку: розробка нових наноматеріалів потребує поєднання нових та існуючих технологічних стадій. Передові технології виробництва включають в себе: самозбірку, самоорганізацію (високого порядку), нових поколінь наноструктурних матеріалів, розширення масштабів виробництва шляхом перенесення методів формування патерну з дрібних лабораторій у масове виробництво.</p> <p>Перспектива: серед фахівців існує консенсус, що інтеграція інженерії, науки і біології буде стимулювати прогрес у нановиробництві в майбутньому. Одним із ключових завдань буде досягнення не тільки доступного масштабного комерційного виробництва, але й інтеграція наноматеріалів у традиційні виробничі процеси</p>
		<p>Включають: мікроінструменти (для реплікації) виробництва і мікросистеми у верстах і продуктах.</p> <p>Мікросистеми, зокрема мікроелектронні механічні системи (MEMS), такі як приводи із вбудованими датчиками і мікропроцесорами, як очікується, будуть використовуватися у всіх виробничих систем в середньостроковій перспективі, для того щоб зробити машини більш розумними і ефективними.</p> <p>Мікроелектроніка – це вже добре створена промисловість, яка має практичні застосування у електроніці, напівпровідниках, телекомунікації, автомобілях, аерокосмічній техніці. Мікрообробка (методи механічної обробки, які існують для виробництва приладів і механічних деталей в масштабі мікрона) дозволить одержати більшу точність, чутливість і гнучкість у мікрообробних процесах. Це дозволить використовувати виробничі машини більш гнучко, а отже, дозволить фірмам адаптуватися до вимог окремих клієнтів. Це дозволить використовувати виробничі машини більш гнучко, а отже, дозволить фірмам адаптуватися до вимог окремих клієнтів</p>

Продовження табл. В.4

1	2	3
<p>ІКТ у виробничих системах</p>	<p>Уся технологія разом</p>	<p>Включають: інтелектуальні мехатронні системи для автоматизації та робототехніки (наприклад, системи самоадаптації компонентів) і просування розподілених обчислень у виробництві. У найближчі 5–10 років нові додатки ІКТ будуть продовжувати революціонізувати виробничу діяльність, особливо в короткостроковій перспективі. ІКТ дозволить підвищити продуктивність за рахунок автоматизації (і пов'язаних з ними технологій управління та датчиків), нових машинних інтерфейсів, а також шляхом реорганізації бізнес-процесів. ІКТ будуть набувати все більшого значення в забезпеченні нових форм спілкування між виробниками і споживачами, забезпечуючи тим самим основу для виготовлення замовних ІКТ і включення нових бізнес-моделей (вони будуть мати вирішальне значення в розвитку продукції і послуг з більш високою доданою вартістю). Перспектива: деякі з пов'язаних з ІКТ рішень, які, як очікується, приведуть до змін у роботі і організації майбутніх виробничих систем, включають в себе: (1) технології контролю, в тому числі: модель на основі розробки програмного забезпечення управління верстатом; навчання контролерів; методи контролю, що дозволяють адаптацію як зворотного зв'язку, так і прямої подачі керуючих сигналів відповідно до постійно змінюваних умов; оптимальні методи контролю (з урахуванням обмежень і з урахуванням альтернативних варіантів); технології спілкування в реальному часі; (2) розширені візуальні і фізичні інтерфейси людина-машина; (3) навігаційні і технології сприйняття, в тому числі: візуальні можливості (від макро- до мікро-); навігаційні технології; (4) моніторинг та діагностика, в тому числі: удосконалена обробка сигналу або віртуальний контроль; методи на основі моделей, сигналів і пошуку даних для широкого спектра застосувань в області моніторингу стану (наприклад, виявлення шаблону подій, діагностики, виявлення аномалій, прогнозування і прогностичного технічного обслуговування); (5) розширені структурні системні архітектури, зокрема реконфігуровані машинні архітектури; (6) актуаторні технології / кінцеві ефектори / локомоція, в тому числі гібридні системи для складних деталей, маніпуляцій або збірки; (7) енергетичні технології, в тому числі: компоненти системи зберігання енергії, такі як (супер) конденсатори, пневматичне зберігання, акумулятори тощо; збиральні енергетичні технології; (8) проектування інтегрованих продукт-процес-виробничих систем і методів моделювання</p>
<p>Передові матеріали</p>	<p>Уся технологія разом</p>	<p>Включають: передові композиційні матеріали і «метаматеріали». Переробна промисловість все частіше вдається до використання нових матеріалів, щоб скористатися поліпшеними характеристиками, включаючи підвищену функціональність, меншу вагу, підвищену ефективність використання енергії і т.д. Передові матеріали можуть включити нові можливості не тільки у вигляді нової готової продукції, а й у поліпшених виробничих процесах і операціях. При цьому деякі сучасні матеріали включають такі технології, як nano- і біотехнології.</p>

Продовження табл. В.4

1	2	3
Адитивне виробництво	Уся технологія разом	<p>Вибір сучасних матеріалів, які будуть актуальними для виробництва в майбутньому, включає: (1) передові метали, у тому числі нержавіючу сталь, суперсплави і інтерметаліди; (2) передові полімери, у тому числі синтетичний інжиніринг непереводящих полімерів, спроектованих пластмас, провідних полімерів або органічних електронних матеріалів Орес, передових покриттів, а також передових нановолокон; (3) високоякісну кераміку і надпровідники, у тому числі нанокераміку, п'єзокераміку та нанокристали; (4) нові композиційні матеріали, у тому числі полімерні композиційні матеріали, керамічні композити з безперервним волокном, металеві матричні композиційні матеріали, наноккомпозити, нанопорошки, металеві фулерени і нанотрубки; (5) передові біоматеріали, у тому числі біоінженерні матеріали, біосинтетику, нановолокна і каталізатори</p> <p>Включає: адитивне виробництво (АВ) та його методи описані різними термінами із злегка різними значеннями, в тому числі: (а) автоматизоване виготовлення; (б) виготовлення у твердому вигляді у вільній формі; (в) пряме цифрове виробництво; (г) стереолітографія; (д) тривимірний або 3D-друк, (ж) швидке макетування.</p> <p>АВ контрастує з типовими виробничими процесами, в яких матеріал видалений або сформований. АВ має деякі переваги щодо інших технологій, а саме: (1) АВ скорочує кількість відходів, оскільки воно потребує тільки ту кількість матеріалу, яка необхідна для виготовлення деталі або компонента; (2) АВ допускає нові типи конструкції (в тому числі комплексні 3-мірні частини), які не мають обмежень, що накладаються традиційною обробкою; (3) АВ не вимагає витрат часу і грошей на освітлення, маски або іншу фіксувану оснастку; (4) АВ зменшує потребу в великих товарно-матеріальних запасах, оскільки деталі можуть бути виготовлені тільки в певний термін або майже точно в строк; (5) АВ дозволяє реалізувати розподілені виробничі концепції, оскільки компоненти не повинні бути виготовлені саме на заводі.</p> <p>Попередні області застосування АВ включають до себе споживчі товари, медичні імплантати та інструменти, зубні імплантати і космонавтику. АВ застосовується до таких областей, як тканинна інженерія і нанотехнології. Наприклад, у 2010 р. американські компанії побудували перший комерційний принтер для виробництва тканин і органів людини.</p> <p>Перспективні застосування до 2030 р.: в майбутньому розвиток технологій призведе до значного зниження цін, що буде вигідним як бізнесу, так і для кінцевих споживачів. Деякі очікувані події в найближчому майбутньому включають: (1) очікується, що до 2030 року АВ-машини будуть покращені настільки, що вони зможуть прямо конкурувати з традиційними технологіями виробництва. Зокрема, передбачається, що методи АВ будуть здатні забезпечити складання виробів за площею або за обсягом, а не ієрархічним поданням матеріалів (шарів матеріалів), як це відбувається сьогодні, створюючи швидко і при відносно високій точності безліч матеріальних продуктів; (2) коли АВ буде повністю розроблена і масштабована, то вона приведе до економії масштабу,</p>

Закінчення табл. В.4

1	2	3
Енергетичні і технології на-вколишнього середовища	Уся техно-логія разом	<p>отже, є можливість зробити масову кастомізацію і полегшити зміни в проектуванні; (3) можливо, «найбільше зміною за 20 років для адитивної технології» буде біовиробництво. Наприклад, сьогодні вже існують тривимірні моделі раку і моделі тесту-вання наркотиків, які можуть замінити існуючі моделі на тваринах майже повністю. Регенеративна медицина і виробництво функціональних тканин і органів для ремонту пошкоджень стане можливою через 20 років, а може й вся концепція живого друку органу; (4) патенти для багатьох встановлених адитивних технологій закінчаться протягом найближчих 5–10 років. При цьому Китай, який активно інвестує в цю технологію, майже напевно стане ключовим гравцем в декількох сегментах ринку після закін-чення терміну дії патентів</p> <p>Виробничі системи жадають нових матеріалів, методів, процесів і технологій для вирішення екологічних проблем у майбутньому. Оскільки виробничі фірми продукують технології та обладнання, які використовуються у інших енергетичних галузях, то вони ма-ють каскадний вплив на національному та глобальному рівнях використання ресурсів.</p> <p>Приклади технологій чистої енергії включають в себе: (1) відновлення і повторне використання ресурсів; (2) відновлювана сирो-вина; (3) зберігання електроенергії; (4) паливні елементи; (5) поновлювані джерела енергії (сонячна, вітрова, геотермальна, біо-енергетика, гідроенергетика); (6) ядерні поділ і злиття; (7) передові транспортні засоби.</p> <p>Наприклад, одним із застосування біотехнології буде розробка нових високоефективних каталізаторів, які мають сприяти до-сягненню безвідходних викидів та селективному використанню енергії в хімічних реакціях. Вони також дозволять використання нової і / або відновлюваної сировини і повторне використання відходів, а також вирішення глобальних проблем, таких як викиди парникових газів, якість води та повітря</p>

Джерело: сформовано автором на основі: [31, с. 39–50]

Таблиця В.5

Основні «закриваючі» технології (wild cards), реалізація яких очікується у 2020–2030 рр. (Центр макроекономічного аналізу і короткострокового прогнозування (ЦМАКП), 2009 р.)

1	2	3	4	5	6	7
Характер технології	Очікуваний час появи (розрахунок)	Сегменти ринку, що «закриваються» або доповнюються	Критично необхідні додаткові умови	Значущість для Родії, ступінь розробленості	Ризики	Країни-розробники, приклади
I. Медицина						
Ліки точкового впливу	Близько 2020 р	Переворот на ринку ліків, особливо сильнодіючих	Значний обсяг венчурного фінансування; прорив у нанотехнологіях (наномембрани, нанокаталізатори для очищення речовин)	Не визначена (розрив у базових технологіях, немає заділів)	Високий ступінь ризику при створенні технологій і застосуванні препаратів	Країни-лідери у розробках – США, ЄС, Японія
Таргетні лікарські препарати з індивідуальним підбором для конкретного пацієнта	Впровадження – близько 2030 р.	Переворот на ринку ліків	Розвиток гених досліджень	Не визначена (розрив у базових областях, немає заділів)	Можливість створення генетично вибіркової біологічної зброї	Країни-лідери у розробках – США, ЄС, Японія
Виробництво генномодифікованих тварин для догляду людини окремих органів і тканин (шкіри та інше)	Близько 2030 р.	Скорочення сфери донорства людських органів	Розвиток гених досліджень	Не визначена (розрив у базових областях, немає заділів)	Гуманітарні ризики (біоетика)	Країни-лідери у розробках – США, ЄС, Японія

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
II. Паливно-енергетичний комплекс						
Екологічно і економічно прийнятні технології масового виробництва сонячних батарей	Покоління I – 2015 р., покоління II – 2025 р. (ККД до 50–%)	Децентралізація енергопостачання у ЖК для країн з помірним кліматом	Розвиток нанотехнологій і хімічного виробництва	Помірна важливість, важливо тільки в рамках створення локальних енергосистем у південно-східних районах	Сегментація енергетичного і екологічного виробництва. Високий рівень ризиків	Країни-лідери у розробках – США, ЄС, Японія, незалежні роботи у Росії
Компактні акумулятори електроенергії з високими енергетичними параметрами	Близько 2020 р.	Розповсюдження комерційно прийнятних міських електромобілів	Дослідження в області фізики і електроніки	Помірний ступінь важливості	–	Країни-лідери у розробках – США і ЄС
Атомний реактор четвертого покоління; реактор із природною безпекою; реактор на швидких нейтронах (РШБ)	2020 – 2025 рр.	Повна зміна технологічної платформи у реакторобудуванні	Розвиток відповідних фізичних дисциплін (особливо для РШБ)	Високий ступінь важливості внаслідок позицій на ринку реакторів	Ризик розповсюдження ядерних технологій подвійного призначення	Активно ведуться роботи у всіх країнах-лідерах, наявні суттєві роботи у Росії
Термоемісійний ядерний реактор з високим ККД (не менше 50%)	Близько 2030 р.	Розвиток ринку реакторів малої потужності для децентралізованих енергосистем і суден	Розвиток відповідних фізичних дисциплін. Попит на наднадійні енергосистеми	Високий ступінь важливості внаслідок наявності значних територіальних (локальних) енергосистем	–	Суттєві дослідження у США, Китаї і Росії
Розвиток водневої енергетики	Близько 2030 р.	Розвиток альтернативного міського транспорту	Розвиток атомної енергетики (використання АЕС для закачки енергії	–	Високий рівень технічних ризиків, висока аварійна небезпека подібних систем	Активно ведуться роботи у всіх країнах-лідерах

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
Економічно і екологічно прийнятний спосіб одержання синтетичного палива з вугілля	Початок 2020-х рр.	Сировинна база комплексу нафтопереробки розширюється у кілька разів	Розвиток хімії катализаторів (перш за все нанокатализаторів), електрохімії, органічної хімії	Надзвичайно високий ступінь забезпеченості Росії запасами вугілля і водночас – залежність від ринку енергоносіїв	Можливість регіоналізації ринків енергоносіїв (значні поклади вугілля, наприклад, в Китаї), зниження цін на нафту	Існують суттєві доробки у Німеччині і Росії
Економічно і екологічно оправдані технології виробництва «нетрадиційних енергоносіїв» (важкої нафти, бітумінозних пісків, сланцевого газу) і реактивації виснажених родовищ	Залежно від світових цін на нафту 2020-ті рр.	Радикальні зміни у нафтовій географії світу. Перехід Північної Америки на самозабезпечення вуглеводнями	Розробка додаткових технологій впливу на пласт (для важкої нафти), що мають низьку енергоемність	Важливість задачі реактивації сильно зневоднених родовищ Західного Сибіру. Наявні також суттєві запаси важкої нафти	Можливість зниження або стабілізації цін на нафту, а також локалізації енергетичних ринків	У Канаді наявні законсервовані потужності з переробки бітумінозних пісків
Розвиток МГД-генерації як додаткового контуру парогазових і паротурбінних установок	Близько 2030 р.	Стрибок у розвитку (ефективності) традиційної енергетики (парогазових установок)	Розвиток відповідних прикладних фізичних дисциплін та інженерної справи	Високий ступінь значущості, оскільки ККД російських паротурбінних установок значно нижче від розвинених країн	Високий рівень технологічних ризиків; тема не є частиною світового технологічного мейнстріму	Росія – один із лідерів у розробці МГД-генераторів
III. Матеріалознавство, виробничі технології						
Індивідуалізація виробництва на базі АСУ нового покоління	2020–2030 рр.	Переворот у сфері виробництва; перехід до виробництва на замовлення	Інтеграція традиційних виробничих та інформаційних (Smart) технологій	Досить значуще, в тому числі внаслідок кризи кваліфікованих кадрів	Криза традиційних галузей обробної промисловості	Активно ведуться роботи у США, ЄС, Японії, Китаї
Створення нових порід скота і сортів рослин за допомогою генної інженерії	Близько 2025 р.	Витискання традиційних порід скота і сортів рослин	Розвиток генетичних досліджень	–	Поява на сільськогосподарському ринку монополій «генних фабрик»;	Країни-лідери у розробках – США, ЄС, Китай

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
нерії, створення штучних біогеоценозів					виникнення нових факторів захворюваності людини	
Наноматеріали, нанокон- позити, фуллерени	2015– 2020 рр.	Широке застосування в обороні, авіації, тран- спорті; витискання тра- диційних конструкцій- них матеріалів більш легкими і міцними; зростання зносостій- кості на основі нових матеріалів	Розвиток нанотех- нологій	Надзвичайно високий ступінь важливості; осно- ва конкурентоспромож- ності низки складних технічних систем, вклю- чаючи озброєння, авіа- техніку, судна і легкові автомобілі	–	Активно ведуться роботи у всіх країнах-лідерах
Перехід до наноелектро- ніки з базою у 10 нм	30 нм – 2012– 2015 рр.; 10 нм – 2020– 2030 рр.	Переворот в електро- ніці	Розвиток дослі- джень у дії сфері	Не визначена	–	Країни-лідери у розробках – США і ЄС
Джерела світла на базі світлодіодів, а у подаль- шому – наносвітлодіодів	Світлодіо- ди – 2012 р.; наносвітло- діоди – 2015– 2025 рр.	Витискання традицій- них джерел світла; суттєве зростання енергоефективності у побуті і виробництві	Розвиток нанотех- нологій	Надзвичайно високий ступінь важливості; можливість знизити енергоємність росій- ської економіки до світових стандартів	–	Активно ведуться роботи у всіх країнах-лідерах, включаючи Росію
Створення надскладних обчислювальних систем на базі Grid-технологій	2015– 2020 рр.	Розвиток надскладних систем управління у сфері транспорту	Здешевлення від- повідного програм- ного забезпечення	Надзвичайно високий ступінь важливості; можливість компен-	Посилення конкуренції у високотехнологічній сфері за рахунок під-	Національний пріо- ритет у США, а у май- бутньому – і для Росії

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
		і оборони; доступ до обчислювальних ресурсів великої потужності	і розвиток високошвидкісних оптико-волоконних ліній передачі даних	сувати відставання від розвинених країн в області комп'ютерів високої продуктивності	ключення нових країн; одержання країнами, що розвиваються, і терористичними організаціями доступу до необхідних обчислювальних потужностей	
IV. Транспорт						
Розвиток виробництва екологічно прийнятних гібридних двигунів (вугледні + етанол)	2015 р.	Витискання традиційних двигунів внутрішнього згорання	Високі ціни на вугледні і відносно низькі на сільськогосподарську сировину	Висока (екологічні проблеми у містах; можливість виробництва комерційного етанолу за рахунок сільськогосподарських потужностей)	Зростання цін на сільськогосподарську сировину для виробництва етанолу	Високий пріоритет у США і країнах Латинської Америки (перш за все Бразилії)
Економічно оправданий трансзвуковий пасажирський літак	Початок експлуатації – 2025 р.	Відчутний вплив на ринок далекомагістральних вузькофюзеляжних літаків	Низькі ціни на паливо; малопушні енергоефективні двигуни. Аеродинаміка, що забезпечує трансзвукові польоти	Висока; можливість технологічних проривів на базі наявних заділів	Екологічні ризики застосування двигунів високої потужності; звуковий удар при переході на надзвук	Проекти і попередні розробки: США: Sonic Cruiser (Boeing); Росія: Ту-244; Японія: NEXST
V. Інше: оборона і безпека						
Використання озброєнь, заснованих на нових фізичних принципах (лазерна зброя)	2015 р.	Витискання низьких наземних засобів і систем тактичної ППО; нові вимоги до конструкції	Розвиток механіки, вдосконалення лазерів і електронної бази	Надзвичайно висока; ризик втрати ринків систем тактичної ППО; проблеми	Зниження порогу застосування сили внаслідок мінімальних людських	Активні дослідження в США і ЄС

Продовження табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
		бойової авіатехніки і техніки сухопутних військ		на ринках військової авіатехніки	втрат у більш технічно спорядженої сторони	
Радіочастотна мітка (RFID)	2012–2015 рр.	Переворот у сфері забезпечення безпеки і контролю доступу: можливість відслідкувати переміщення окремих товарів і людей	–	Не визначено	Гуманітарні ризики (порушення приватності особистого життя)	Лідер – США
Квантова криптографія	2015 р.	Переворот у сфері криптографії і захисту інформації, а також у розшифруванні «закриптих» текстів	Розвиток відповідних розділів математики і комп'ютерної техніки	Висока	«Гонитва криптосистем» на державному рівні; гуманітарні ризики (порушення приватності звичайної і бізнес-листування)	У США – це пріоритет національного рівня
Повністю автономні бойові засоби; розвиток АСУ бойового управління з мінімальним утручанням оператора	Близько 2020 р.	Застаріння низки видів бойової техніки і АСУ військового призначення	–	Висока (обмежені можливості для ведення військових дій із значними людськими втратами)	Втрата контролю над військовим потенціалом у кризисній ситуації у випадку збою в роботі АСУ	Військова робота – США, Корея, Сінгапур; Безпілотні літальні апарати – США, Ізраїль
Перехід до «мережецентричних» принципів управління – збір інфор-	2015–2020 рр.	Застаріння низки видів бойової техніки і АСУ військового призна-	Розвиток відповідних засобів обробки інформації (забезпе-	–	Невизначений ступінь стійкості в умовах застосування засобів радіо-	Абсолютний пріоритет для США; елементи вже зна-

Закінчення табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7
мації та її обробка децентралізовані, забезпечено доступ кінцевих користувачів до необхідного масиву інформації		чення, якісний відрив від країн, що ведуть традиційні бойові дії	чення між машинної обробки інформації в реальному масштабі часу, під час бойових дій		електронної боротьби; можливість перехвату противником контролю за окремими елементами командної системи	ходять застосовані у регіональних конфліктах
VI. Освіта						
Розшарування освіти на «креативно-центричну» і «компетентнісно-центричне»	2015–2025 рр.	Відмирання існуючої університетської моделі освіти	Розвиток технологій креативної освіти	Не визначена; це більше ризик, ніж можливість	Суттєва кількість людей не зможе брати участь у процесі креативної, науково-технічної у художньої творчості, вони перетворюються на чистих користувачів технологій, які створені іншими	Відбувається у низці країн, включаючи й Росію

Джерело: сформовано автором на основі [68, с. 22–24; 69, с. 13–14]

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1

Вихідні дані до розрахунку інтегрального показника умов створення і рівня інноваційного потенціалу країни у 2014 р.

Країна	Умови створення інноваційного потенціалу						
	Умови створення освітнього потенціалу			Умови створення інституційного потенціалу			Розвиток кластерів
1	2	3	4	5	6	7	
Австрія	5,9	15,6	8,0	81,3	50,0	4,9	
Бельгія	6,6	16,2	7,7	62,5	70,0	4,8	
Болгарія	4,1	14,3	6,3	81,3	60,0	3,3	
Великобританія	6,2	16,2	8,5	100,0	80,0	5,1	
Греція	4,1	16,5	6,7	56,3	53,3	3,0	
Данія	8,7	16,9	8,2	81,3	63,3	4,3	
Ірландія	6,4	18,6	7,6	87,5	83,3	4,8	
Іспанія	5,0	17,1	7,1	68,8	50,0	4,2	
Італія	4,5	16,3	7,2	50,0	60,0	5,5	
Кіпр	7,3	14,0	6,5	68,8	63,3	4,1	
Латвія	5,0	15,5	6,3	93,8	56,7	3,4	
Литва	5,4	16,7	6,5	81,3	56,7	3,3	
Мальта	6,9	14,5	8,3	18,8	56,7	3,9	
Нідерланди	5,9	17,9	8,3	62,5	46,7	5,2	

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
Німеччина	5,1	16,3	8,5	81,3	50,0	5,4
Польща	5,2	15,5	6,5	93,8	60,0	3,4
Португалія	5,6	16,3	7,0	50,0	60,0	4,2
Румунія	4,2	14,1	5,8	87,5	60,0	3,5
Словачина	4,2	12,4	6,3	75,0	46,7	3,8
Словенія	5,7	16,8	7,2	50,0	73,3	3,5
Фінляндія	6,8	17,0	7,7	75,0	56,7	5,1
Франція	5,9	16,0	8,0	68,8	53,3	4,4
Чехія	4,2	16,4	6,6	68,8	50,0	4,1
Хорватія	4,3	14,5	6,7	75,0	33,3	3,2
Швеція	7,0	15,8	8,4	75,0	63,3	4,8
Естонія	5,7	16,5	7,3	75,0	56,7	3,7
Угорщина	4,9	15,4	6,5	68,8	43,3	3,3
Україна	6,2	15,1	5,3	87,5	43,3	2,9

Продовження табл. Г.1

Країна	Рівень освітнього потенціалу						Рівень інноваційного потенціалу					Рівень інституційного потенціалу		
	Кількість населення з повною середньою освітою віком 20–24 роки, %	Населення віком 30–34 роки з повною вищою освітою, %	Випускники в галузі науки і техніки, %	Нові випускники докторантури, кількість випускників віком 25–34 роки, на 1 тис. нас.	Кількість дослідників, тис. осіб на млн населення	Рейтинг університетів, середній бал з найкращих країн	Якість науково-дослідних установ	Спроможність до інновацій						
	8	9	10	11	12	13	14	15						
1														
Австрія	87,4	27,3	27,1	2,2	7,8	47,4	5,0	5,0						
Бельгія	83,1	42,7	16,5	1,6	5,7	66,0	6,0	5,1						
Болгарія	86,0	29,4	19,1	1,0	2,0	6,7	3,6	3,2						
Великобританія	82,9	47,6	22,3	2,4	6,9	98,9	6,2	5,2						
Греція	86,5	34,6	27,5	1,1	4,1	28,3	3,6	3,0						
Данія	71,8	43,4	20,2	2,4	10,2	70,9	5,3	5,0						
Ірландія	89,4	52,6	23,2	2,0	4,9	62,3	5,6	4,6						
Іспанія	63,8	42,3	25,3	1,4	4,7	54,6	4,6	3,7						
Італія	77,9	22,4	21,7	1,6	2,5	51,3	4,4	4,2						
Кіпр	89,5	47,8	17,2	0,3	1,7	0,0	4,0	3,3						
Латвія	85,7	40,7	15,7	1,0	3,6	0,0	3,9	3,5						
Литва	90,0	51,3	21,5	1,1	5,7	17,6	4,8	4,0						
Мальта	76,1	26,0	18,3	0,2	3,0	0,0	4,0	3,8						
Нідерланди	78,2	43,1	13,7	2,0	5,0	74,0	5,8	5,1						

Закінчення табл. Г.1

1	8	9	10	11	12	13	14	15
Німеччина	76,8	33,1	26,9	2,7	6,3	77,4	5,8	5,6
Польща	89,7	40,5	16,8	0,6	2,6	31,9	4,0	3,6
Португалія	69,9	29,2	24,6	2,1	9,5	36,4	5,2	3,9
Румунія	79,7	22,8	20,2	1,8	1,2	16,1	3,7	3,4
Словацьчина	91,2	26,9	20,6	2,4	4,6	0,0	3,6	3,2
Словенія	91,5	40,1	24,7	1,9	6,1	8,1	4,9	3,7
Фінляндія	85,9	45,1	27,7	2,7	3,5	59,4	5,7	5,7
Франція	86,4	44,0	26,1	1,7	5,3	78,3	5,6	4,8
Чехія	90,9	26,7	21,8	1,7	4,4	34,0	4,9	4,3
Хорватія	95,0	25,9	20,1	2,3	2,6	7,7	4,0	3,1
Швеція	86,2	48,3	25,8	2,8	8,5	70,3	5,5	5,5
Естонія	84,2	43,7	20,6	1,0	5,9	20,0	4,9	4,3
Угорщина	84,3	31,9	16,5	0,9	3,7	24,1	5,2	3,2
Україна	96,5	40,6	25,6	2,4	1,5	22,9	3,6	3,2

Джерело: сформовано автором

Таблиця Г.2

Вихідні дані для розрахунку інтегрального показника умов і реалізації інноваційного потенціалу країн у 2014 р.

Країна	Умови реалізації потенціалу				Реалізація потенціалу		
	Загальні витрати на НДДКР, % ВВП	Використання ІКТ	Зайнятність у науко-емних галузях, %	Реалізація потенціалу НДДКР			
				Заявки на патенти, % від ВВП	Патенти жителів країни, % від ВВП	Наукові і технічні виробы, % від ВВП	
1	2	3	4	5	6	7	
Австрія	2,9	6,0	38,5	5,0	3,7	35,7	
Бельгія	2,2	5,8	44,6	22,9	2,9	44,0	
Болгарія	0,6	4,2	29,6	0,5	0,3	19,9	
Великобританія	1,7	7,2	47,2	3,2	2,1	43,0	
Греція	0,7	4,7	31,1	0,4	0,3	36,2	
Данія	3,0	8,2	45,2	6,9	6,8	67,1	
Ірландія	1,7	6,1	41,2	2,7	2,1	36,2	
Іспанія	1,3	5,5	32,5	1,6	1,2	36,7	
Італія	1,3	4,9	34,5	2,0	1,6	31,0	
Кіпр	0,5	4,2	35,0	0,7	2,1	44,9	
Латвія	0,7	5,5	39,5	0,8	1,0	14,8	
Литва	0,9	3,8	42,8	0,3	0,5	26,4	
Мальта	0,8	6,0	39,7	0,2	1,6	19,0	
Нідерланди	2,2	7,3	45,9	6,0	5,9	48,6	
Німеччина	2,9	6,1	43,5	6,9	5,9	29,1	

Продовження табл. Г.2

1	2	3	4	5	6	7
Польща	0,9	4,8	35,1	0,4	0,3	26,6
Португалія	1,5	4,5	31,0	0,7	0,5	50,1
Румунія	0,5	3,3	22,2	0,2	0,1	27,1
Словацьчина	0,8	4,8	32,9	0,5	0,3	21,9
Словенія	2,8	4,9	41,4	2,8	2,0	64,0
Фінляндія	3,5	8,1	43,9	9,4	12,0	55,5
Франція	2,3	6,6	44,8	4,2	3,5	28,5
Чехія	1,9	5,2	37,3	0,8	0,6	34,8
Хорватія	0,8	5,0	32,2	0,6	0,4	40,6
Швеція	3,4	8,3	47,6	9,2	9,3	57,6
Естонія	2,2	6,5	41,8	1,6	1,2	53,1
Угорщина	1,3	4,5	35,4	1,5	0,8	30,7
Україна	0,7	1,8	33,8	0,2	0,4	13,9

Продовження табл. Г.2

Країна	Реалізація потенціалу									
	Реалізація потенціалу НДДКР			Комерційна реалізація інновацій						
	Внутрішні заявки на дозвіл торгового знаку, % від ВВП	Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону, % ВВП	Експорт наукоємних послуг, %	Високо- і середньо- високотехнологічні виробництва, %	Високотехнологічний експорт, %	Створення бізнес- та ІКТ-моделей	Малий і середній бізнес з інноваційними товарами, %	Експорт творчої продукції, %		
8	9	10	11	12	13	14	15			
1										
Австрія	75,4	0,2	26,6	38,1	8,3	4,9	35,7	1,3		
Бельгія	47,4	0,6	42,9	34,2	9,3	5,0	42,3	2,0		
Болгарія	146,0	0,1	28,6	18,4	2,9	3,9	13,6	0,9		
Великобританія	48,7	0,5	66,4	38,0	9,3	5,6	27,8	2,9		
Греція	5,1	0,0	53,9	14,1	1,8	3,5	29,6	0,5		
Данія	55,9	0,7	68,1	44,8	6,1	5,0	33,9	1,7		
Ірландія	13,8	2,3	76,1	62,3	12,2	5,4	35,7	2,2		
Іспанія	59,5	0,1	30,0	34,5	3,3	5,1	18,4	0,9		
Італія	56,0	0,2	33,3	36,2	5,0	3,8	38,8	2,1		
Кіпр	81,1	0,0	40,2	13,8	0,6	4,3	29,2	0,0		
Латвія	70,7	0,0	35,6	15,2	4,4	4,4	15,7	3,2		
Литва	57,3	0,1	14,2	19,6	4,8	5,0	16,1	1,6		
Мальта	107,8	0,2	19,6	53,4	14,8	5,1	32,0	1,1		
Нідерланди	70,8	3,8	30,6	36,7	12,6	5,6	40,9	5,9		
Німеччина	75,5	0,8	58,1	53,6	11,9	5,3	42,4	1,9		
Польща	53,2	0,1	33,6	33,8	4,7	3,9	13,1	4,2		

Закінчення табл. Г.2

1	8	9	10	11	12	13	14	15
Португалія	93,8	0,0	33,5	24,7	2,3	5,2	38,3	2,0
Румунія	83,5	0,1	49,2	35,0	5,1	3,9	5,2	1,9
Словаччина	68,2	0,0	31,3	54,9	7,5	4,2	17,7	10,3
Словенія	12,3	0,1	25,7	46,3	4,5	4,4	32,6	0,8
Фінляндія	69,3	1,4	43,9	45,0	5,3	5,8	40,1	0,7
Франція	10,9	0,4	41,1	42,6	14,3	5,2	32,4	1,7
Чехія	115,2	0,1	35,2	48,8	17,1	4,3	30,9	11,3
Хорватія	56,6	0,0	17,6	н/д	3,8	4,5	21,6	0,4
Швеція	65,3	1,1	41,8	47,8	9,5	5,7	39,9	1,8
Естонія	81,1	0,0	42,5	31,4	11,1	5,5	33,0	1,3
Угорщина	53,5	0,9	28,8	56,4	15,4	4,5	12,8	6,9
Україна	91,7	0,1	38,9	21,7	2,8	3,6	1,3	0,7

Джерело: сформовано автором

Таблиця Г.3

Динаміка параметрів сценаріїв науково-технічного розвитку України

Показники, сценарії	Роки										Відношення до базового сценарію	Відношення 2025 р. до 2013 р.
	2013	2016	2017	2018	2019	2020	2025	8	9	10		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Витрати на освіту, % ВВП												
Освіта 1	6,15	6,15	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,14
Базовий	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	6,15	1,00
Очікувана тривалість навчання, роки												
Освіта 2	15,09	15,09	15,55	16,02	16,48	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	16,95	1,12
Базовий	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	15,09	1,00
Доступ до ІКТ												
Оптимум НДР	5,27	5,25	5,25	5,34	5,46	5,59	5,59	5,59	5,59	5,59	6,17	1,18
Зайнятість 2	5,27	5,25	5,25	5,29	5,34	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41	5,51	1,05
Зайнятість 1	5,27	5,25	5,25	5,27	5,31	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,43	1,04
НДР 3	5,27	5,25	5,25	5,39	5,57	5,75	5,75	5,75	5,75	5,75	6,83	1,30
НДР 2	5,27	5,25	5,25	5,38	5,55	5,71	5,71	5,71	5,71	5,71	5,99	1,14
НДР 1	5,27	5,25	5,25	5,35	5,48	5,61	5,61	5,61	5,61	5,61	5,82	1,11
Бізнес 3	5,27	5,25	5,25	5,25	5,25	5,26	5,26	5,26	5,26	5,26	5,27	1,01
Бізнес 2	5,27	5,25	5,25	5,27	5,30	5,34	5,34	5,34	5,34	5,34	5,41	1,03
Бізнес 1	5,27	5,25	5,25	5,31	5,40	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,67	1,08
ІКТ 2	5,27	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	5,25	1,00

Продовження табл. Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ІКТ 1	5,27	5,25	5,39	5,55	5,72	5,88	5,91	1,13	1,12
Освіта 3	5,27	5,25	5,25	5,25	5,25	5,26	5,27	1,01	1,00
Освіта 2	5,27	5,25	5,25	5,25	5,25	5,26	5,28	1,01	1,00
Освіта 1	5,27	5,25	5,25	5,25	5,26	5,26	5,26	1,00	1,00
Базовий	5,27	5,25	5,25	5,24	5,24	5,24	5,24	–	0,99
Використання ІКТ									
Оптимум НДР	1,76	1,73	1,72	1,88	2,08	2,28	3,23	1,89	1,84
Зайнятість 2	1,76	1,73	1,72	1,79	1,88	1,98	2,16	1,26	1,23
Зайнятість 1	1,76	1,73	1,72	1,76	1,83	1,90	2,02	1,18	1,15
НДР 3	1,76	1,73	1,72	1,96	2,25	2,55	4,33	2,53	2,46
НДР 2	1,76	1,73	1,72	1,94	2,21	2,48	2,94	1,71	1,67
НДР 1	1,76	1,73	1,72	1,89	2,10	2,32	2,66	1,55	1,51
Бізнес 3	1,76	1,73	1,72	1,72	1,73	1,74	1,76	1,03	1,00
Бізнес 2	1,76	1,73	1,72	1,76	1,81	1,88	1,99	1,16	1,13
Бізнес 1	1,76	1,73	1,72	1,82	1,97	2,13	2,41	1,41	1,37
ІКТ 2	1,76	1,73	2,16	2,60	3,04	3,48	3,48	2,03	1,98
ІКТ 1	1,76	1,73	1,72	1,73	1,76	1,79	1,84	1,07	1,04
Освіта 3	1,76	1,73	1,72	1,72	1,73	1,74	1,77	1,03	1,00
Освіта 2	1,76	1,73	1,72	1,73	1,74	1,75	1,77	1,03	1,01
Освіта 1	1,76	1,73	1,72	1,73	1,74	1,74	1,74	1,01	0,99
Базовий	1,76	1,73	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	–	0,97

Продовження табл. Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розвиток кластерів									
Оптимум НДР	2,87	3,09	3,09	3,17	3,28	3,38	3,89	1,26	1,35
Зайнятість 2	2,87	3,09	3,09	3,12	3,17	3,23	3,32	1,08	1,16
Зайнятість 1	2,87	3,09	3,09	3,11	3,14	3,18	3,25	1,05	1,13
НДР 3	2,87	3,09	3,09	3,22	3,37	3,53	4,47	1,45	1,56
НДР 2	2,87	3,09	3,09	3,20	3,35	3,49	3,73	1,21	1,30
НДР 1	2,87	3,09	3,09	3,18	3,29	3,41	3,59	1,16	1,25
Бізнес 3	2,87	3,09	3,09	3,09	3,10	3,10	3,11	1,01	1,08
Бізнес 2	2,87	3,09	3,09	3,11	3,14	3,17	3,23	1,05	1,13
Бізнес 1	2,87	3,09	3,39	3,75	4,13	4,51	4,66	1,51	1,62
ІКТ 2	2,87	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	1,00	1,08
ІКТ 1	2,87	3,09	3,09	3,10	3,11	3,12	3,15	1,02	1,10
Освіта 3	2,87	3,09	3,09	3,09	3,10	3,10	3,11	1,01	1,08
Освіта 2	2,87	3,09	3,09	3,09	3,10	3,10	3,12	1,01	1,09
Освіта 1	2,87	3,09	3,09	3,10	3,10	3,10	3,10	1,00	1,08
Базовий	2,87	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	3,09	–	1,08
Легкість одержання кредиту									
Бізнес 3	87,50	87,50	89,07	90,65	92,23	93,80	93,80	1,07	1,07
Базовий	87,50	87,50	87,50	87,50	87,50	87,50	87,50	€	1,00
Легкість захисту інвесторів									
Бізнес 2	43,33	43,33	52,41	61,49	70,57	79,65	79,65	1,84	1,84

Продовження табл. Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Базовий	43,33	43,33	43,33	43,33	43,33	43,33	43,33	-	1,00
Населення з повною вищою освітою, %									
Освіта 3	40,60	40,60	44,81	49,02	53,22	57,43	57,43	1,41	1,41
Освіта 1	40,60	40,60	45,96	45,96	45,96	45,96	45,96	1,13	1,13
Базовий	40,60	40,60	40,60	40,60	40,60	40,60	40,60	-	1,00
Загальні витрати на НДДКР, % ВВП									
Оптимум НДР	0,74	0,73	0,95	1,21	1,48	1,77	3,22	4,42	4,35
Зайнятість 2	0,74	0,73	0,73	0,75	0,77	0,80	0,86	1,18	1,16
Зайнятість 1	0,74	0,73	0,73	0,74	0,76	0,78	0,81	1,12	1,10
НДР 3	0,74	0,73	1,08	1,49	1,92	2,37	4,08	6,83	6,72
НДР 2	0,74	0,73	1,04	1,42	1,81	2,22	2,39	3,28	3,23
НДР 1	0,74	0,73	0,96	1,25	1,54	1,85	1,97	2,70	2,66
Бізнес 3	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	1,02	1,00
Бізнес 2	0,74	0,73	0,73	0,74	0,75	0,77	0,81	1,11	1,09
Бізнес 1	0,74	0,73	0,73	0,76	0,80	0,85	0,94	1,29	1,27
ІКТ 2	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	1,00	0,99
ІКТ 1	0,74	0,73	0,73	0,73	0,74	0,75	0,76	1,05	1,03
Освіта 3	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	1,02	1,00
Освіта 2	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	1,02	1,00
Освіта 1	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	1,01	0,99
Базовий	0,74	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	-	0,98

Закінчення табл. Г.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
										Зайнятість у наукоємних галузях, %
Оптимум НДР	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	1,00	1,00
Зайнятість 2	33,80	33,80	40,58	47,36	54,15	60,93	60,93	60,93	1,80	1,80
Зайнятість 1	33,80	33,80	38,22	42,65	47,08	51,50	51,50	51,50	1,52	1,52
Базовий	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	33,80	–	1,00

Джерело: розраховано автором

Таблиця Г.4

Результати імітації сценаріїв науково-технічного розвитку України

Показники, сценарії	Роки										Відношення до 2013 р.	Відношення до базового сценарію	Відношення 2025 р. до 2013 р.
	2013	2016	2017	2018	2019	2020	2025	8	9	10			
	ВВП на 1 особу за ПКС, дол.												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
Оптимум НДР	3900	3353	5494	8262	11043	13699	27071	8,23	6,94				
Зайнятість 2	3900	3353	4252	5551	6972	8389	9440	2,87	2,42				
Зайнятість 1	3900	3353	3932	4794	5758	6741	7506	2,28	1,92				
НДР 3	3900	3353	6630	10673	14691	18650	48211	14,66	12,36				
НДР 2	3900	3353	6357	10098	13815	17436	20067	6,10	5,14				
НДР 1	3900	3353	5656	8608	11565	14392	16319	4,96	4,18				
Бізнес 3	3900	3353	3400	3502	3630	3769	3889	1,18	1,00				

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бізнес 2	3900	3353	3870	4645	5517	6410	7112	2,16	1,82
Бізнес 1	3900	3353	4768	6785	8987	11208	12881	3,92	3,30
ІКТ 2	3900	3353	3338	3349	3373	3403	3429	1,04	0,88
ІКТ 1	3900	3353	3551	3872	4247	4642	4971	1,51	1,27
Освіта 3	3900	3353	3410	3527	3675	3839	3983	1,21	1,02
Освіта 2	3900	3353	3422	3560	3732	3923	4092	1,24	1,05
Освіта 1	3900	3353	3498	3566	3599	3614	3627	1,10	0,93
Базовий	3900	3353	3319	3303	3296	3292	3289	–	0,84
Глобальний інноваційний індекс									
Оптимум НДР	36,26	36,11	36,17	36,92	37,85	38,78	43,20	1,20	1,19
Зайнятість 2	36,26	36,11	36,12	36,44	36,88	37,36	38,14	1,06	1,05
Зайнятість 1	36,26	36,11	36,11	36,32	36,61	36,94	37,48	1,04	1,03
НДР 3	36,26	36,11	36,21	37,35	38,71	40,06	48,51	1,35	1,34
НДР 2	36,26	36,11	36,20	37,24	38,51	39,76	41,71	1,16	1,15
НДР 1	36,26	36,11	36,18	36,98	37,97	38,97	40,45	1,12	1,12
Бізнес 3	36,26	36,11	36,09	36,11	36,14	36,19	36,27	1,01	1,00
Бізнес 2	36,26	36,11	36,11	36,29	36,56	36,85	37,35	1,04	1,03
Бізнес 1	36,26	36,11	36,79	37,94	39,28	40,68	41,90	1,16	1,16
ІКТ 2	36,26	36,11	37,22	38,35	39,49	40,63	40,64	1,13	1,12
ІКТ 1	36,26	36,11	36,19	36,36	36,56	36,78	37,01	1,03	1,02

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освіта 3	36,26	36,11	36,16	36,24	36,35	36,47	36,56	1,01	1,01
Освіта 2	36,26	36,11	36,24	36,41	36,60	36,81	36,92	1,02	1,02
Освіта 1	36,26	36,11	36,22	36,27	36,29	36,30	36,31	1,01	1,00
Базовий	36,26	36,11	36,09	36,08	36,07	36,07	36,07	–	0,99
Результати НДДКР									
Оптимум НДР	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,25	1,40	1,41
Зайнятість 2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,03	1,04
Зайнятість 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,02	1,03
НДР 3	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,38	2,13	2,15
НДР 2	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,22	1,25	1,26
НДР 1	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	1,18	1,19
Бізнес 3	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,00	1,01
Бізнес 2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,02	1,03
Бізнес 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	1,08	1,09
ІКТ 2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,00	1,01
ІКТ 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,01	1,02
Освіта 3	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,01	1,02
Освіта 2	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,01	1,02
Освіта 1	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,00	1,02
Базовий	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	–	1,01

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Результати комерціалізації інновації									
Оптимум НДР	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,34	0,43	1,51	1,67
Зайнятість 2	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36	1,27	1,40
Зайнятість 1	0,26	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	1,18	1,30
НДР 3	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,38	0,52	1,84	2,03
НДР 2	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,37	0,39	1,37	1,52
НДР 1	0,26	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	1,29	1,42
Бізнес 3	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	1,02	1,13
Бізнес 2	0,26	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	1,16	1,28
Бізнес 1	0,26	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,38	1,35	1,49
ІКТ 2	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	1,01	1,11
ІКТ 1	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	1,06	1,17
Освіта 3	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	1,02	1,12
Освіта 2	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	1,01	1,12
Освіта 1	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	1,01	1,11
Базовий	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	–	1,11
Освітній потенціал									
Оптимум НДР	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,71	1,04	1,08
Зайнятість 2	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	1,01	1,05
Зайнятість 1	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	1,01	1,04

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НДР 3	0,66	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,73	1,08	1,11
НДР 2	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,70	0,70	1,04	1,07
НДР 1	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	1,03	1,06
Бізнес 3	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	1,00	1,04
Бізнес 2	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	1,01	1,04
Бізнес 1	0,66	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,69	1,02	1,06
ІКТ 2	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	1,00	1,04
ІКТ 1	0,66	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70	1,03	1,07
Освіта 3	0,66	0,68	0,69	0,70	0,72	0,73	0,73	1,07	1,11
Освіта 2	0,66	0,68	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	1,04	1,08
Освіта 1	0,66	0,68	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	1,03	1,07
Базовий	0,66	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	–	1,04
Інституційний потенціал									
Оптимум НДР	0,57	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,70	1,15	1,22
Зайнятість 2	0,57	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	1,04	1,11
Зайнятість 1	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62	0,63	1,03	1,10
НДР 3	0,57	0,61	0,61	0,62	0,64	0,66	0,76	1,26	1,34
НДР 2	0,57	0,61	0,61	0,62	0,64	0,65	0,68	1,12	1,19
НДР 1	0,57	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,66	1,09	1,16
Бізнес 3	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,00	1,07

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бізнес 2	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	1,03	1,09
Бізнес 1	0,57	0,61	0,63	0,66	0,70	0,73	0,75	1,24	1,31
ІКТ 2	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,00	1,06
ІКТ 1	0,57	0,61	0,61	0,62	0,62	0,63	0,63	1,04	1,10
Освіта 3	0,57	0,61	0,61	0,61	0,62	0,62	0,62	1,02	1,09
Освіта 2	0,57	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63	0,63	1,04	1,11
Освіта 1	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	1,01	1,07
Базовий	0,57	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	–	1,06
Індекс створення освітнього потенціалу									
Оптимум НДР	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	1,05	1,09
Зайнятість 2	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	1,01	1,05
Зайнятість 1	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	1,01	1,05
НДР 3	0,71	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,80	1,08	1,12
НДР 2	0,71	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,77	1,04	1,08
НДР 1	0,71	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76	1,03	1,07
Бізнес 3	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,00	1,04
Бізнес 2	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,75	1,01	1,05
Бізнес 1	0,71	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,76	1,02	1,06
ІКТ 2	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,00	1,04
ІКТ 1	0,71	0,74	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76	1,03	1,07

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освіта 3	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	1,00	1,04
Освіта 2	0,71	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,77	1,04	1,08
Освіта 1	0,71	0,74	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	1,04	1,08
Базовий	0,71	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	–	1,04
Індекс створення інституційного потенціалу									
Оптимум НДР	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,70	1,07	1,09
Зайнятість 2	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	1,02	1,04
Зайнятість 1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,66	0,66	0,66	1,01	1,03
НДР 3	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,68	0,73	1,12	1,15
НДР 2	0,64	0,65	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	1,06	1,08
НДР 1	0,64	0,65	0,65	0,66	0,66	0,67	0,68	1,04	1,07
Бізнес 3	0,64	0,65	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	1,03	1,05
Бізнес 2	0,64	0,65	0,69	0,72	0,76	0,80	0,80	1,23	1,25
Бізнес 1	0,64	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,74	1,14	1,16
ІКТ 2	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	1,00	1,02
ІКТ 1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,66	1,01	1,03
Освіта 3	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	1,00	1,02
Освіта 2	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	1,00	1,02
Освіта 1	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	1,00	1,02
Базовий	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	–	1,02

Додатки

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість дослідників									
Оптимум НДР	1,54	2,03	2,02	2,09	2,17	2,26	2,65	1,31	1,72
Зайнятість 2	1,54	2,03	2,02	2,05	2,09	2,13	2,21	1,09	1,44
Зайнятість 1	1,54	2,03	2,02	2,04	2,07	2,10	2,15	1,06	1,40
НДР 3	1,54	2,03	2,02	2,12	2,24	2,37	3,10	1,53	2,02
НДР 2	1,54	2,03	2,02	2,11	2,23	2,34	2,53	1,25	1,64
НДР 1	1,54	2,03	2,02	2,09	2,18	2,27	2,41	1,19	1,57
Бізнес 3	1,54	2,03	2,02	2,03	2,03	2,03	2,04	1,01	1,33
Бізнес 2	1,54	2,03	2,02	2,04	2,06	2,09	2,14	1,06	1,39
Бізнес 1	1,54	2,03	2,02	2,07	2,13	2,19	2,31	1,14	1,50
ІКТ 2	1,54	2,03	2,02	2,02	2,02	2,02	2,03	1,00	1,32
ІКТ 1	1,54	2,03	2,13	2,23	2,34	2,46	2,48	1,22	1,61
Освіта 3	1,54	2,03	2,02	2,03	2,03	2,03	2,04	1,01	1,33
Освіта 2	1,54	2,03	2,17	2,32	2,46	2,61	2,62	1,30	1,71
Освіта 1	1,54	2,03	2,59	2,59	2,60	2,60	2,60	1,28	1,69
Базовий	1,54	2,03	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	–	1,32
Рейтинг університетів									
Оптимум НДР	22,90	22,58	22,53	23,97	25,83	27,69	36,46	1,62	1,59
Зайнятість 2	22,90	22,58	22,53	23,14	24,01	24,96	26,60	1,18	1,16
Зайнятість 1	22,90	22,58	22,53	22,92	23,50	24,15	25,31	1,13	1,11
НДР 3	22,90	22,58	22,53	24,73	27,44	30,14	46,56	2,07	2,03

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НДР 2	22,90	22,58	22,53	24,55	27,06	29,55	33,71	1,50	1,47
НДР 1	22,90	22,58	22,53	24,08	26,06	28,04	31,21	1,39	1,36
Бізнес 3	22,90	22,58	22,53	22,56	22,63	22,72	22,89	1,02	1,00
Бізнес 2	22,90	22,58	22,53	22,88	23,40	23,98	25,04	1,11	1,09
Бізнес 1	22,90	22,58	22,53	23,48	24,84	26,31	28,90	1,29	1,26
ІКТ 2	22,90	22,58	22,53	22,52	22,53	22,55	22,58	1,00	0,99
ІКТ 1	22,90	22,58	24,78	27,17	29,64	32,14	32,62	1,45	1,42
Освіта 3	22,90	22,58	22,53	22,57	22,65	22,75	22,95	1,02	1,00
Освіта 2	22,90	22,58	26,03	29,57	33,16	36,77	37,01	1,65	1,62
Освіта 1	22,90	22,58	22,53	22,63	22,68	22,70	22,72	1,01	0,99
Базовий	22,90	22,58	22,53	22,51	22,50	22,49	22,49	–	0,98
Якість науково-дослідних установ									
Оптимум НДР	3,60	3,81	3,80	3,87	3,94	4,02	4,39	1,16	1,22
Зайнятість 2	3,60	3,81	3,80	3,83	3,87	3,91	3,98	1,05	1,10
Зайнятість 1	3,60	3,81	3,80	3,82	3,85	3,87	3,92	1,03	1,09
НДР 3	3,60	3,81	3,80	3,90	4,01	4,13	4,82	1,27	1,34
НДР 2	3,60	3,81	3,80	3,89	4,00	4,10	4,28	1,12	1,19
НДР 1	3,60	3,81	3,80	3,87	3,95	4,04	4,17	1,10	1,16
Бізнес 3	3,60	3,81	3,80	3,81	3,81	3,81	3,82	1,00	1,06
Бізнес 2	3,60	3,81	3,80	3,82	3,84	3,87	3,91	1,03	1,09
Бізнес 1	3,60	3,81	4,00	4,23	4,48	4,73	4,84	1,27	1,34

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ІКТ 2	3,60	3,81	3,80	3,80	3,80	3,81	3,81	1,00	1,06
ІКТ 1	3,60	3,81	3,82	3,84	3,86	3,88	3,91	1,03	1,08
Освіта 3	3,60	3,81	3,84	3,87	3,91	3,95	3,96	1,04	1,10
Освіта 2	3,60	3,81	3,83	3,85	3,87	3,90	3,91	1,03	1,09
Освіта 1	3,60	3,81	3,87	3,87	3,88	3,88	3,88	1,02	1,08
Базовий	3,60	3,81	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	–	1,06
Спроможність до інновацій									
Оптимум НДР	3,20	3,44	3,44	3,50	3,57	3,64	3,97	1,15	1,24
Зайнятість 2	3,20	3,44	3,44	3,47	3,50	3,54	3,60	1,05	1,12
Зайнятість 1	3,20	3,44	3,44	3,46	3,48	3,50	3,55	1,03	1,11
НДР 3	3,20	3,44	3,44	3,53	3,63	3,73	4,36	1,27	1,36
НДР 2	3,20	3,44	3,44	3,52	3,61	3,71	3,87	1,12	1,21
НДР 1	3,20	3,44	3,44	3,50	3,58	3,65	3,77	1,10	1,18
Бізнес 3	3,20	3,44	3,44	3,44	3,45	3,45	3,46	1,00	1,08
Бізнес 2	3,20	3,44	3,44	3,46	3,48	3,50	3,54	1,03	1,11
Бізнес 1	3,20	3,44	3,57	3,73	3,91	4,09	4,19	1,22	1,31
ІКТ 2	3,20	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	1,00	1,08
ІКТ 1	3,20	3,44	3,47	3,51	3,55	3,59	3,61	1,05	1,13
Освіта 3	3,20	3,44	3,44	3,44	3,45	3,45	3,46	1,01	1,08
Освіта 2	3,20	3,44	3,49	3,54	3,59	3,65	3,66	1,06	1,14
Освіта 1	3,20	3,44	3,44	3,45	3,45	3,45	3,45	1,00	1,08

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Базовий	3,20	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	3,44	–	1,08
Заявки на патенти									
Оптимум НДР	0,19	0,18	0,24	0,34	0,47	0,63	2,20	12,05	11,59
Зайнятість 2	0,19	0,18	0,18	0,19	0,21	0,23	0,26	1,45	1,39
Зайнятість 1	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,24	1,30	1,25
НДР 3	0,19	0,18	0,28	0,45	0,71	1,06	7,95	43,50	41,82
НДР 2	0,19	0,18	0,27	0,42	0,65	0,94	1,20	6,55	6,30
НДР 1	0,19	0,18	0,25	0,36	0,50	0,68	0,83	4,53	4,36
Бізнес 3	0,19	0,18	0,18	0,18	0,19	0,19	0,19	1,04	1,00
Бізнес 2	0,19	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	1,27	1,22
Бізнес 1	0,19	0,18	0,22	0,29	0,37	0,47	0,55	3,04	2,92
ІКТ 2	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1,01	0,97
ІКТ 1	0,19	0,18	0,19	0,20	0,21	0,23	0,23	1,28	1,23
Освіта 3	0,19	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	1,24	1,19
Освіта 2	0,19	0,18	0,19	0,21	0,22	0,24	0,24	1,32	1,26
Освіта 1	0,19	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	1,11	1,07
Базовий	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	–	0,96
Патенти жителів країни									
Оптимум НДР	0,36	0,35	0,41	0,51	0,65	0,82	2,43	6,88	6,74
Зайнятість 2	0,36	0,35	0,35	0,36	0,38	0,40	0,44	1,24	1,21
Зайнятість 1	0,36	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38	0,41	1,16	1,13

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
НДР 3	0,36	0,35	0,45	0,63	0,90	1,26	8,33	23,62	23,13
НДР 2	0,36	0,35	0,44	0,60	0,83	1,13	1,39	3,95	3,87
НДР 1	0,36	0,35	0,42	0,53	0,68	0,87	1,01	2,88	2,82
Бізнес 3	0,36	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	1,02	1,00
Бізнес 2	0,36	0,35	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	1,14	1,12
Бізнес 1	0,36	0,35	0,39	0,46	0,54	0,65	0,73	2,08	2,04
ІКТ 2	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	1,00	0,98
ІКТ 1	0,36	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	0,41	1,15	1,13
Освіта 3	0,36	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	1,13	1,10
Освіта 2	0,36	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,41	1,17	1,14
Освіта 1	0,36	0,35	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	1,06	1,04
Базовий	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	–	0,98
Наукові і технічні вироби									
Оптимум НДР	13,94	14,65	18,46	22,15	25,34	28,08	38,18	2,62	2,74
Зайнятість 2	13,94	14,65	14,62	14,99	15,53	16,12	17,14	1,17	1,23
Зайнятість 1	13,94	14,65	14,62	14,86	15,22	15,62	16,34	1,12	1,17
НДР 3	13,94	14,65	20,35	25,34	29,41	32,80	47,25	3,24	3,39
НДР 2	13,94	14,65	19,90	24,60	28,49	31,74	33,09	2,27	2,37
НДР 1	13,94	14,65	18,73	22,62	25,96	28,81	29,91	2,05	2,15
Бізнес 3	13,94	14,65	14,62	14,64	14,68	14,74	14,84	1,02	1,06
Бізнес 2	13,94	14,65	14,62	14,84	15,16	15,52	16,17	1,11	1,16

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бізнес 1	13,94	14,65	14,78	15,53	16,55	17,66	19,27	1,32	1,38
ІКТ 2	13,94	14,65	14,62	14,62	14,62	14,63	14,65	1,00	1,05
ІКТ 1	13,94	14,65	14,65	14,76	14,93	15,11	15,41	1,06	1,11
Освіта 3	13,94	14,65	14,65	14,71	14,79	14,89	15,02	1,03	1,08
Освіта 2	13,94	14,65	14,67	14,74	14,85	14,96	15,11	1,04	1,08
Освіта 1	13,94	14,65	14,69	14,75	14,78	14,79	14,80	1,01	1,06
Базовий	13,94	14,65	14,62	14,61	14,60	14,60	14,60	–	1,05
Доходи від патентів і ліцензій з-за кордону									
Оптимум НДР	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,11	0,30	5,20	5,98
Зайнятість 2	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	1,17	1,35
Зайнятість 1	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,11	1,28
НДР 3	0,05	0,06	0,07	0,09	0,12	0,16	0,99	17,14	19,71
НДР 2	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,15	0,18	3,11	3,57
НДР 1	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	2,34	2,69
Бізнес 3	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,01	1,17
Бізнес 2	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,10	1,27
Бізнес 1	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	1,77	2,04
ІКТ 2	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,00	1,15
ІКТ 1	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,11	1,27
Освіта 3	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,09	1,25
Освіта 2	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,12	1,29

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освіта 1	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,04	1,20
Базовий	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	–	1,15
Створення бізнес- та ІКТ-моделей									
Оптимум НДР	3,56	3,70	3,70	3,75	3,81	3,88	4,20	1,14	1,18
Зайнятість 2	3,56	3,70	3,70	3,72	3,75	3,78	3,84	1,04	1,08
Зайнятість 1	3,56	3,70	3,70	3,71	3,73	3,75	3,80	1,03	1,07
НДР 3	3,56	3,70	3,70	3,78	3,87	3,97	4,56	1,23	1,28
НДР 2	3,56	3,70	3,70	3,77	3,86	3,95	4,10	1,11	1,15
НДР 1	3,56	3,70	3,70	3,75	3,82	3,89	4,01	1,08	1,13
Бізнес 3	3,56	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	3,71	1,00	1,04
Бізнес 2	3,56	3,70	3,70	3,71	3,73	3,75	3,79	1,02	1,06
Бізнес 1	3,56	3,70	3,77	3,87	3,99	4,12	4,21	1,14	1,18
ІКТ 2	3,56	3,70	3,77	3,84	3,91	3,98	3,98	1,08	1,12
ІКТ 1	3,56	3,70	3,71	3,72	3,74	3,76	3,78	1,02	1,06
Освіта 3	3,56	3,70	3,70	3,71	3,72	3,73	3,74	1,01	1,05
Освіта 2	3,56	3,70	3,71	3,73	3,75	3,77	3,78	1,02	1,06
Освіта 1	3,56	3,70	3,71	3,71	3,72	3,72	3,72	1,01	1,04
Базовий	3,56	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	3,70	–	1,04
Оптимум НДР	1,34	1,03	1,94	4,24	6,85	9,38	20,47	21,80	15,27
Зайнятість 2	1,34	1,03	0,98	1,57	2,41	3,33	4,89	5,21	3,65

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Малий і середній бізнес з інноваційними товарами									
Зайнятість 1	1,34	1,03	0,98	1,36	1,92	2,55	3,66	3,90	2,73
НДР 3	1,34	1,03	2,50	6,01	9,80	13,39	31,39	33,44	23,42
НДР 2	1,34	1,03	2,36	5,58	9,09	12,44	15,90	16,94	11,87
НДР 1	1,34	1,03	2,02	4,49	7,27	9,95	12,68	13,51	9,47
Бізнес 3	1,34	1,03	0,98	1,01	1,08	1,16	1,33	1,42	0,99
Бізнес 2	1,34	1,03	0,98	1,32	1,83	2,39	3,41	3,63	2,54
Бізнес 1	1,34	1,03	3,63	7,02	10,57	14,05	16,12	17,18	12,03
ІКТ 2	1,34	1,03	0,98	0,97	0,98	0,99	1,03	1,10	0,77
ІКТ 1	1,34	1,03	1,74	2,61	3,55	4,51	4,95	5,28	3,70
Освіта 3	1,34	1,03	0,98	1,02	1,10	1,19	1,39	1,48	1,04
Освіта 2	1,34	1,03	0,98	1,03	1,12	1,23	1,46	1,56	1,09
Освіта 1	1,34	1,03	0,98	1,08	1,12	1,14	1,16	1,24	0,87
Базовий	1,34	1,03	0,98	0,96	0,95	0,94	0,94	–	0,70
Експорт наукоємних послуг									
Оптимум НДР	38,86	38,72	38,70	39,33	40,14	40,96	44,80	1,16	1,15
Зайнятість 2	38,86	38,72	38,70	38,96	39,35	39,76	40,48	1,05	1,04
Зайнятість 1	38,86	38,72	38,70	38,87	39,12	39,41	39,92	1,03	1,03
НДР 3	38,86	38,72	38,70	39,66	40,85	42,03	49,23	1,27	1,27
НДР 2	38,86	38,72	38,70	39,58	40,68	41,78	43,60	1,13	1,12
НДР 1	38,86	38,72	38,70	39,38	40,24	41,11	42,50	1,10	1,09

Продовження табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бізнес 3	38,86	38,72	39,36	40,04	40,73	41,43	41,50	1,07	1,07
Бізнес 2	38,86	38,72	43,28	48,01	52,82	57,65	58,11	1,50	1,50
Бізнес 1	38,86	38,72	41,01	43,73	46,63	49,58	50,71	1,31	1,31
ІКТ 2	38,86	38,72	38,70	38,69	38,70	38,70	38,72	1,00	1,00
ІКТ 1	38,86	38,72	38,70	38,76	38,85	38,96	39,17	1,01	1,01
Освіта 3	38,86	38,72	38,70	38,72	38,75	38,79	38,88	1,01	1,00
Освіта 2	38,86	38,72	38,70	38,72	38,76	38,81	38,91	1,01	1,00
Освіта 1	38,86	38,72	38,70	38,74	38,76	38,77	38,78	1,00	1,00
Базовий	38,86	38,72	38,70	38,69	38,68	38,68	38,68	–	1,00
Високо- і середньовисокотехнологічні виробництва									
Оптимум НДР	21,67	20,63	22,58	25,08	27,76	30,49	44,50	2,16	2,05
Зайнятість 2	21,67	20,63	20,61	20,83	21,16	21,52	22,17	1,08	1,02
Зайнятість 1	21,67	20,63	20,61	20,76	20,97	21,21	21,66	1,05	1,00
НДР 3	21,67	20,63	23,74	27,68	31,88	36,17	61,37	2,98	2,83
НДР 2	21,67	20,63	23,45	27,04	30,87	34,77	36,72	1,78	1,69
НДР 1	21,67	20,63	22,74	25,44	28,33	31,27	32,67	1,59	1,51
Бізнес 3	21,67	20,63	20,61	20,63	20,65	20,68	20,74	1,01	0,96
Бізнес 2	21,67	20,63	20,61	20,74	20,93	21,15	21,55	1,05	0,99
Бізнес 1	21,67	20,63	21,82	23,38	25,10	26,89	27,97	1,36	1,29
ІКТ 2	21,67	20,63	20,11	19,59	19,08	18,58	18,59	0,90	0,86
ІКТ 1	21,67	20,63	20,61	20,64	20,71	20,79	20,97	1,02	0,97

Закінчення табл. Г.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Освіта 3	21,67	20,63	20,72	20,84	20,97	21,11	21,19	1,03	0,98
Освіта 2	21,67	20,63	20,60	20,60	20,62	20,64	20,73	1,01	0,96
Освіта 1	21,67	20,63	20,82	20,86	20,87	20,88	20,89	1,01	0,96
Базовий	21,67	20,63	20,61	20,61	20,60	20,60	20,60	–	0,95
Високотехнологічний експорт									
Оптимум НДР	2,75	2,68	2,81	2,99	3,17	3,36	4,33	1,62	1,57
Зайнятість 2	2,75	2,68	4,43	6,21	7,99	9,77	9,81	3,67	3,57
Зайнятість 1	2,75	2,68	3,82	4,98	6,14	7,30	7,34	2,74	2,67
НДР 3	2,75	2,68	2,89	3,17	3,46	3,75	5,50	2,05	2,00
НДР 2	2,75	2,68	2,87	3,12	3,39	3,66	3,79	1,42	1,38
НДР 1	2,75	2,68	2,82	3,01	3,21	3,41	3,51	1,31	1,28
Бізнес 3	2,75	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,69	1,00	0,98
Бізнес 2	2,75	2,68	2,68	2,69	2,70	2,71	2,74	1,02	1,00
Бізнес 1	2,75	2,68	2,76	2,87	2,99	3,11	3,19	1,19	1,16
ІКТ 2	2,75	2,68	2,64	2,61	2,57	2,54	2,54	0,95	0,92
ІКТ 1	2,75	2,68	2,68	2,68	2,68	2,69	2,70	1,01	0,98
Освіта 3	2,75	2,68	2,68	2,69	2,70	2,71	2,72	1,02	0,99
Освіта 2	2,75	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	1,00	0,98
Освіта 1	2,75	2,68	2,69	2,69	2,69	2,70	2,70	1,01	0,98
Базовий	2,75	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	–	0,97

Джерело: розраховано автором

Додаток Д

Таблиця Д.1

Основні форсайт-програми країн світу у 2000–2015 рр.

Роки	Тип форсайту	Програма форсайту, країна (основний метод)
1	2	3
2000	Ринково-технологічний форсайт	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NIS «Global Trends: 2015», США (сценарний метод); ▪ Сьоме дослідження STA, Японія (Дельфі); ▪ «Проспектар», Бразилія (Дельфі); ▪ Технологічна форсайт-програма Бразилії (змішані методи); ▪ Друга програма «100 ключових технологій», Франція (змішані методи); ▪ Програма ET2000, Португалія (змішані методи)
2001		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Технологічний форсайт, Чілі (Дельфі); ▪ «Futur-1», Німеччина (змішані методи); ▪ Технологічний форсайт, Греція (змішані методи); ▪ Програма технологічного форсайту (1-й цикл), Венесуела (змішані методи); ▪ Програма технологічного форсайту, Чехія (змішані методи)
2002		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Дорожня карта Національного інституту здоров'я, США (дорожні карти); ▪ Третя програма форсайту, Великобританія (змішані методи); ▪ Програми Vision 2023, Турція (змішані методи)
2003		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Програма технологічного форсайту, Греція (змішані методи); ▪ Дослідження Вченої ради 2020, Норвегія (змішані методи); ▪ Друга програма технологічного форсайту, Швеція (змішані методи)
2004		Форсайт глобальної конкуренції та розвитку інноваційних систем
2005	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Програма технологічного форсайту (2-й цикл), Колумбія (Дельфі); ▪ Програма Brazil 3 Moments, Бразилія (змішані методи); ▪ Програма науково-технологічного форсайту, Румунія (змішані методи); ▪ ФінСайт, Фінляндія (змішані методи); ▪ Програма FNR-Форсайт, Люксембург (змішані методи); ▪ Програма Рахункової палати США «Виклики 21 століття», США (змішані методи) 	
2006 2007	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Форсайт SITRA, Фінляндія (змішані методи); ▪ Програма технологічного форсайту «Польща 2020», Польща (змішані методи); ▪ Сканування горизонтів, Великобританія (змішані методи); ▪ Наукові пріоритети, Німеччина (змішані методи); ▪ Технологічний форсайт, Нова Зеландія (змішані методи); 	

Закінчення табл. Д.1

1	2	3
2008 – до-тепер	Форсайт як інструмент політики	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NІC «Global Trands 2025: A Transformed World» (2008 р.), США (сценарний прогноз, що самореалізується); ▪ NІC «Global Trands 2030: Alternative Worlds» (2012 р.), США (форсайтний прогноз, змішані методи); ▪ Дев’ята програма японського форсайту, (2010 р.), Японія (змішані методи); ▪ ОРТІ - Майбутнє іспанської ядерної енергетики 2030, Іспанія (змішані методи); ▪ Довгостроковий прогноз науково-технологічного розвитку Росії на період до 2030 року, (2011–2014 рр.), Росія (форсайтний прогноз, змішані методи); ▪ Державна програма прогнозування науково-технологічного розвитку на 2008 –2012 рр., Україна (змішані методи); ▪ Форсайт економіки України: середньостроковий (2014–2020 роки) і довгостроковий (2020 – 2030 роки) часові горизонти (версія для обговорення), (2015 р.), Україна (форсайтний прогноз, змішані методи)

Джерело: сформовано автором на основі [71; 93–104; 105, с. 5]

Таблиця А.2

Співставлення оцінки інноваційного потенціалу розробок і напрямів інноваційної діяльності, які одержали найвищий рейтинг при оцінці експертами важливості для України і глобальних проблем людства

№ з/п	Глобальна проблема людства	Ранжування розробок і напрямів інноваційної діяльності		Важливість для України (за 5-бальною системою)	Відповідність вітчизняним дослідженням світовому рівню (% підтримки експертами)			Необхідні умови для ефективного промислового використання – наявність: (% підтримки експертами)									
		№ за прогнозом	Напрямок інноваційної діяльності		випереджаємо	на рівні	відстаємо	зацікавленого топ-менеджера	підприємства з достатнім рівнем інноваційної культури	кваліфікованих кадрів	ринку збуту	потенційних інвесторів	виробничих площ	патентного захисту	можливості кооперації та створення мережних структур		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	Депуляція і старіння населення	4	Забезпечення здорового способу життя	4,7		+	+	+									
		5	Серцево-судинні захворювання	4,7		+	+	+									
		9	Туберкульоз	4,6		+	+	+									
		11	Хвороби суглобів	4,5		+	+	+									
		14	Профілактика найпоширеніших захворювань	4,5		+	+	+									
		15	Інфекційні гепатити	4,5			+										

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		17	Цитостатичні препарати нових поколінь для хіміотерапії злоякісних пухлин	4,4			+		+	+	+		+	+	+
		21	Інтелектуальні пристрої в медицині, біології	4,4			+		+	+	+	+			
		23	СНІД	4,4			+			+	+				+
		53	Функціональна діагностика	3,8		+		+	+	+	+		+	+	+
		61	Створення комбінованих антипертензивних засобів	3,7			+		+	+	+		+	+	+
		69	Трансплантологія	3,6			+		+	+	+	+		+	
		80	Методи лікування та профілактики, що базуються на генних технологіях	3,3			+			+	+		+		+
2	Нестача продовольства	8	Інтенсивні технології вирощування цукрових буряків та продуктів їх гли-	4,6		+			+	+	+		+	+	+

Додатки

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			бокої переробки (лектини, фруктоза, глютамінова і лимонна кислота)												
		12	Розробка і виробництво екологічно безпечних засобів захисту рослин	4,5		+		+	+	+	+	+	+	+	+
			Створення високопродуктивних стійких до хвороб та інших негативних впливів зовнішнього середовища селекційних форм культурних рослин та тварин												
		19		4,4		+		+	+	+	+	+	+	+	+
		20	Інтенсивні технології вирощування твердої і сильної пшениці, ячменю та інших зернових культур	4,4		+		+	+	+	+	+	+	+	+

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		27	Освоєння виробництва нових мікробних препаратів Р-мобілізуючих, N-активуючих, землеудобрювальної дії, мікробіологічних технологій	4,3			+	+	+	+				+	+
		34	Розробка меліоративних заходів для покращення родючості ґрунтів та підвищення продуктивності с/г культур	4,2		+			+		+		+		+
		35	Промисловий розвиток птахівництва	4,1		+		+	+	+	+	+	+	+	+
		41	Автоматизація сільськогосподарської техніки	4			+						+	+	+

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		43	Речовини біомедичного призначення, біостимулятори росту рослин	3,9			+	+	+	+	+	+	+	+	+
		45	Виробництво у промислових обсягах соняшнику льону, ріпаку та продуктів їх переробки	3,9		+			+	+	+	+	+	+	+
		55	Виробництво природних цукрозамінників (стевія, цикорій, топінамбур) і продукти їх глибокої переробки	3,8			+	+	+	+	+	+	+		+
		58	Перехід до виробництва біотехнологій і максимальна відмова від застосування в СГ хімічних технологій	3,8			+	+	+	+			+		+

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
2		60	Виробництво ви- нограду та харчова переробка у вино- градарстві	3,8			+		+	+	+						
		62	Виробництво ефе- ктивних сумішей, біологічно актив- них добавок для зміцнення імуніте- ту тварин	3,7		+	+						+			+	
		67	Виробництво вітчизняної по- ливної техніки	3,7				+				+		+			+
		68	Землепорядку- вання на основі системи землепро- бства з контурною меліоративною організацією території	3,7			+						+	+			+
		75	Біоінженерія	3,4				+		+	+	+		+	+		+
		79	Нові сорти і гібри- ди рослин	3,3					+		+	+	+	+	+		

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		84	Розвиток нових технологій рекультивациі земель	3,2		+				+		+			+
		6	Технології та обладнання для одержання високоякісної питної води, очистки та знезараження газових викидів, стічних вод	4,7			+	+	+	+	+	+	+	+	+
		22	Створення та розвиток промислових технологій переробки і утилізації відходів та виробництва вторинної сировини	4,4			+			+	+		+		+
		29	Розробка, прийняття і впровадження комплексної програми високоякісної очистки питної води	4,3			+			+		+			+

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	Екологічні проблеми	36	Збереження довкілля та його вплив на забезпечення населення продовольством	4,1		+	+	+	+	+		+			+	
		66	Технології переробки побутових та промислових відходів	3,7			+				+	+	+	+		+
		72	Розробка комплексної технології вилучення важких металів із стічних вод	3,6				+			+		+			
4	Вичерпання запасів рідю видів сировини і палива	77	Широке застосування систем утилізації біопаливних ресурсів	3,4			+		+	+	+	+				
		1	Ресурсозбереження та виробництво альтернативних джерел енергії	5,3			+			+	+	+	+	+		
		2	Виробництво біопалива з рослинної сировини	4,6			+			+	+	+	+	+	+	

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		28	Технологія виробництва палива з відновлюваної сировини	4,3			+		+		+	+	+	+	
		42	Ресурсозберігаючі технології у переробці	3,9			+	+	+	+	+	+	+	+	+
		49	Впровадження альтернативних видів палива для транспортних засобів	3,9			+	+	+		+	+			
		3	Енерго- та ресурсозберігаючі технології	4,8			+	+	+	+	+	+		+	+
5	Енергетика та енергозбереження	32	Зниження питомих витрат палива при виробництві теплової та електричної енергії, зниження втрат теплоенергії при її транспортуванні	4,2			+	+	+	+	+	+			

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		37	Воднева енергетика, високоактивні паливні елементи, біоенергетика	4,1			+			+	+	+		+	
		57	Відновлення малих ГЕС та використання ВЕР	3,8		+	+	+	+	+	+	+			
		78	Запровадження повсюдного обліку енергоресурсів	3,4			+	+	+	+					
		82	Міжгалузеві енергозберігаючі заходи	3,2			+	+	+	+	+	+	+		+
		83	Використання сонячної та геотермальної енергії для забезпечення потреб у теплопостачанні гарячої води	3,2			+		+	+	+	+	+		
		85	Створення мало-серійного виробництва паливних комірчанних установок	3,1			+	+	+	+	+	+	+	+	+

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			Нанотехнології, наноматеріали												
		26	Створення наноструктурних компонентів альтернативної енергетики, в тому числі: сонячні батареї, суперконденсатори, оксидні паливні комірки	4,3		+			+	+	+		+	+	+
		39	Нанотехнології	4			+		+	+	+			+	+
		63	Наноматеріали і технології їх обробки	3,7		+	+		+	+	+			+	+
		64	Функціональні полімерні матеріали. Нанохімія	3,7		+	+			+	+		+	+	+
			Технологічне оновлення машинобудування												

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			А) Підвищення конкурентоспроможності основних галузей												
		2	Підвищення рівня сучасності конструкцій, машин та обладнання	4,9		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
		13	Модернізація котельного господарства у житлових комунальних сферах	4,5			+	+	+	+	+	+		+	
		46	Захист металевих конструкцій від корозійного руйнування	3,9			+		+	+	+	+	+	+	+
			Б) Розвиток авіа-космічної та оборонної галузей												
		24	Розробка новітніх матеріалів та методів захисту деталей і вузлів авіа- та космічної техніки	4,3		+		+	+	+	+	+	+	+	+

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			Від зносу та корозії в екстремальних умовах експлуатації												
			В) Нові матеріали та технології обробки												
		40	Біологічно сумісні матеріали	4			+			+	+	+		+	+
		47	Розробка та освоєння економічно легованих марок сталі для виробництва литих, кованих та прокатних виробів з високим комплексом міцнісних та в'язких властивостей	3,9		+		+		+	+	+			
		51	Матеріалознавство для альтернативної енергетики (зокрема, водневої)	3,8			+			+	+	+		+	+

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		70	Деформаційно-термічне зміцнення вуглецевих та низьколегованих сталей	3,6			+	+	+	+	+	+		+	
		73	Безкиснева кераміка, композитні матеріали	3,5			+		+	+	+	+	+	+	+
		74	Матеріали з текструваною структурою	3,5			+		+	+		+		+	+
		81	Технології позапідної доводки чавуну та обладнання для її реалізації	3,3			+		+	+		+		+	
		86	Розробка технології формування зернистої структури алюмінію та його сплавів у присутності дисперсних часток тугоплавких сполук	3,1					+				+	+	

Додатки

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		87	Технології виплавки чавуну та конвертування сталі з використанням електричних та магнітних полів малої потужності	3,1			+		+	+		+		+	
			Інформаційно-комунікаційні та комп'ютерні технології												
		10	Інформатика та управління	4,6			+			+		+			+
		18	Цифрові системи зв'язку та обміну даними, мікровильові технології	4,4			+		+	+	+	+	+		+
		25	Нові методи і алгоритми обробки даних та розпізнавання зображень	4,3		+		+	+	+	+	+	+		
		30	Комп'ютери з підвищеним рівнем інтелекту	4,3						+	+	+	+		

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		33	Інтелектуальні системи охорони критичних об'єктів	4,2			+		+	+	+		+		
		38	Мобільні мультимедійні засоби і системи	4			+			+	+	+	+	+	+
		48	Комп'ютерне приладобудування	3,9			+		+	+	+		+		
		52	Інформаційні технології (системи)	3,8			+		+	+	+	+	+	+	+
		59	Оптоелектроніка	3,8			+		+	+	+		+	+	
		71	Інтелектуальні системи контролю дорожнього руху, перевезень	3,6			+		+	+	+		+		
		76	Інтелектуальні відео системи контролю та автотоматизації	3,4			+	+	+	+	+	+	+		
			Хімічні технології та матеріали												

Додатки

Продовження табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
6.	Відста- вання від провідних країн світу в переході до нового техноло- гічного укладу, уповіль- нення науково- техніч- ного про- гресу	16	Тонкий органічний синтез. Малотон- нажна хімія	4,4		+	+		+	+	+	+	+	+	+	
		31	Виробництво ви- сокофактивних мембран, каталіза- торів, сорбентів	4,2		+			+	+	+	+	+	+	+	+
		44	Розробка ендो- генних родовищ апатитів і екто- генних фосфоритів	3,9			+	+		+	+	+	+	+	+	+
		50	Продукування нових технологій виробництва та застосування фо- сфорних добрив	3,8		+		+		+	+	+	+	+	+	+
		54	Освоєння нових енерго- та ресур- созберігаючих технологій ви- робництва азот- них добрив	3,8			+			+	+	+	+	+	+	+
		56	Вуглекімія	3,8				+		+	+	+	+	+	+	+

Закінчення табл. А.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		65	Випуск калійних добрив за рахунок освоєння нових технологій видобутку та преробки сировини на базі полімінеральних руд Прикарпаття	3,7		+			+	+	+	+	+		+

Зауваження. У цій таблиці зведено тільки ті із запропонованих експертами напрямів технологічного розвитку, які отримали найвищу рейтингову оцінку в третьому турі опитування (більше 3 балів).

Джерело: сформовано автором на основі [11; 149–151]

Таблиця А.3

Пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні на 2011 – 2020 рр.
 (Закон України від 08.09.2011 р. № 3715, Постанови КМУ від 12.03.2012 р. № 294 та від 17.05.2012 р. № 397)

Середньострокові пріоритети на 2012 – 2016 рр.	
Загальнодержавного рівня	Галузевого рівня
1	3
<p>Стратегічні пріоритети на 2011 – 2020 рр.</p> <p>1. Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії</p>	<p>1.1. Освоєння нових технологій транспортування енергії:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ впровадження високотехнологічного обладнання для забезпечення надійності енергопостачання та підвищення ефективності роботи електричних мереж; ▪ проектування багатопланових повітряних ліній; ▪ встановлення засобів компенсації реактивної потужності; ▪ впровадження новітніх полімерних ізоляторів; ▪ впровадження сучасних типів дротів; ▪ будівництво кабельних ліній з ізоляцією із зшитого поліетилену; ▪ встановлення елегазових розподільних пристроїв; ▪ впровадження пристроїв релейного захисту і автоматики, реклоузерів; <p>1.2. Впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ заміна застарілого електротехнічного обладнання на сучасне енергозберігаюче; ▪ впровадження сучасних енергоефективних опалювальних котлів та модернізація існуючих; ▪ заміна існуючих бойлерів на більш енергоефективні; ▪ впровадження технологій та обладнання високоєфективного нагрівання у металургійній промисловості, машинобудуванні, будівельній галузі з використанням альтернативних джерел енергії; ▪ використання маловитратних методів реконструкції існуючих промислово-опалювальних котлів з продовженням ресурсу на 15 років; ▪ впровадження високоєфективних та екологічно чистих технологій спалювання низькосортного твердого палива в киплячому шарі; ▪ розроблення та створення нових типів вітро- та гідротурбін, які мають підвищений рівень корисної дії;

Продовження табл. Д.3

1	2	3
	<p>1.5. Освоєння нових технологій отримання та накопичення енергії з відновлюваних джерел;</p> <p>1.6. Освоєння нових технологій енергоефективного спалювання різних видів палива;</p> <p>1.7. Освоєння нових технологій використання теплових насосів</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ оптимізація систем відбору та передачі тепла під час створення теплонасосних станцій; ▪ виробництво та впровадження обладнання для видобутку вугілля з похилих і тонких пластів; ▪ розроблення способів і методів добування та утилізації метану з вугільних родовищ; ▪ впровадження енергозберігаючих технологій в металургійній та хімічній промисловості; ▪ впровадження енергоефективних двигунів та електроприводів для базових галузей економіки; ▪ застосування функціональної та силової електроніки в енергетичній галузі; ▪ удосконалення технологій процесу перевезень, раціональне використання експлуатаційного парку локомотивів; ▪ впровадження енергоефективного обладнання; ▪ впровадження у газотранспортну систему України газоперекачувальних агрегатів нового покоління, а також здійснення модернізації діючих; ▪ впровадження технології когенерації на компресорних станціях газотранспортної системи; ▪ заміна та модернізація котлів у комунально-побутовому секторі з переведенням їх на використання альтернативних видів палива; ▪ впровадження внутрішньоциклової газифікації вугілля з подальшим використанням генераторного газу в парогазових установках; ▪ встановлення теплових насосів, сонячних колекторів, впровадження систем електричного теплоізоляційного обігріву та гарячого водопостачання; ▪ проведення теплоснацції житлових будинків та будівель бюджетних установ; ▪ впровадження енергоефективних освітлювальних приладів; <p>1.3. Освоєння альтернативних джерел енергії:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ використання альтернативних моторних палив, в тому числі біопалив; ▪ впровадження когенераційних технологій; ▪ проведення модернізації об'єктів комунального господарства, у тому числі переведення котельень, що обслуговують об'єкти соціальної сфери, на використання відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива;

Продовження табл. Д-3

1	2	3
<p>2. Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки</p>	<p>2.1. Розроблення агрегатів і систем нового покоління для швидкісного та високошвидкісного залізничного транспорту; 2.2. Розвиток транспортної логістики; 2.3. Удосконалення систем виведення ракет-носіїв, космічних апаратів; 2.4. Впровадження керуючих систем авіаційної, корабельної, ракетної, військової електроніки;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ підвищення енергетичної та екологічної ефективності використання альтернативних моторних палив, в тому числі біопалив; ▪ впровадження альтернативних джерел енергії; ▪ видобування та використання як альтернативних видів палива метану вугільних родовищ та газу сланцевих товщ; ▪ розвиток технологій видобування, використання та комплексної переробки торфу і бурого вугілля як альтернативних видів палива; ▪ розвиток технологій спалювання водовугільних сумішей як альтернативних видів палива для заміщення природного газу; ▪ виробництво електроенергії з використанням відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива (вітрогенерація, сонячна генерація, мала гідроенергетика, біомаса)
		<p>2.1. Розвиток транспортної системи:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ створення та розвиток швидкісного та високошвидкісного руху пасажирських поїздів; ▪ створення та впровадження інформаційних та навігаційних систем нового покоління, розвиток транспортної логістики; ▪ оновлення та розвиток якісних характеристик рухомого складу, розвиток прогресивних технологій ремонту; ▪ розбудова міжнародних транспортних коридорів та модернізація інфраструктури, електрифікація окремих напрямків залізниць України; ▪ створення випробувального центру визначення відповідності автомобільних транспортних засобів, двигунів і систем нейтралізації відпрацьованих газів вимогам державних і міжнародних стандартів (на базі нотифікованої ООН технічної служби України); <p>2.2. Розвиток ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ розроблення методів вдосконалення несучої спроможності судових елементів конструкцій на основі проведення чисельного аналізу їх механічної поведінки в експлуатаційних умовах; ▪ науково-технічне супроводження створення перспективних ракет-носіїв і космічних апаратів та введення в експлуатацію;

Продовження табл. Д-3

1	2	3
	<p>2.5. Створення нових поколінь техніки і технологій в авіа-, судно- та ракетно-космічній галузі;</p> <p>2.6. Розроблення засобів для проведення діагностики авіаційної, корабельної та ракетно-космічної техніки;</p> <p>2.7. Розвиток навігаційних систем різного призначення</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ виробництва для утилізації ракетно-космічної техніки та її елементів з урахуванням вимог міжнародних стандартів; ▪ наземної інфраструктури для проведення атестації засобів дистанційного зондування Землі та валідації їх інформації; ▪ логістично-космічного ракетного комплексу з ракетою-носієм «Циклон-4», космічних систем дистанційного зондування Землі та глобальних навігаційних супутникових систем; ▪ впровадження нових плазмових технологій і технологічного обладнання для підвищення технічного рівня і конкурентоспроможності продукції ракетно-космічної та авіаційної галузі; ▪ створення національної системи геінформаційного забезпечення та проведення моніторингу надзвичайних ситуацій як складової частини європейської (GMES) і світової (GEOS) систем та забезпечення експлуатації її інформаційних сервісів заінтересованими користувачами; ▪ створення та забезпечення експлуатації загальнодержавної цифрової супутникової телекомунікаційної інфраструктури доставки загальнонаціональних телерадіопрограм до синхронних зон ефірного цифрового телерадіомовлення України з використанням уруповання геоестаціонарних космічних апаратів зв'язку та мовлення "Либідь"; ▪ створення системи координатно-часового та навігаційного забезпечення України з використанням інформації, отриманої від глобальних навігаційних супутникових систем інших держав (США, Росія, країни ЄС, Китай), і поширенням такої інформації наземними та супутниковими каналами зв'язку; ▪ створення інтегрованої багатофункціональної системи здійснення контролю та проведення аналізу космічного простору; ▪ створення багатофункціональних технічних засобів; ▪ створення внутрішнього ринку космічних інформаційних послуг і продуктів дистанційного зондування Землі, супутникової навігації та супутникового зв'язку; <p>2.3. Створення, зокрема із залученням міжнародної кооперації:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ космічних ракетних комплексів з ракетою-носієм "Циклон-4" та ракетою-носієм з екологічно чистим паливом "Маяк";

Продовження табл. Д-3

1	2	3
3. Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення нанотехнологій	3.1. Освоєння нових технологій отримання, оброблення і застосування композиційних та композиційно-градієнтних матеріалів; 3.2. Освоєння нових технологій отримання, оброблення і з'єднання конструкційних та інструментальних матеріалів; 3.3. Створення індустрії нанотехнологій, наномате-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ універсальної космічної платформи з вітчизняною системою управління для використання в супутниках дистанційного зондування Землі та проведення наукових космічних досліджень, зокрема досліджень Місяця; ▪ універсального автономного космічного буксира "Кречет" для доставки космічних апаратів на навколосеземну та навколосіачну орбіту з використанням ракет-носіїв "Дніпро" і "Маяк"; ▪ авіаційно-космічного комплексу "Повітряний старт"; ▪ космічних апаратів для дистанційного зондування Землі, забезпечення космічного зв'язку, проведення наукових космічних досліджень, технологічних експериментів на орбіті Землі, космічних досліджень на навколосіачній орбіті та науково-освітніх експериментів; ▪ наукових приладів для проведення космічних експериментів, перспективних агрегатів і систем для проведення досліджень навколосеземного та навколосіачного простору, поверхні Землі та Місяця; ▪ складових частин ракет-носіїв, космічних апаратів (у тому числі системи управління, ракетні двигуни, нові технології та матеріали), які дадуть можливість підвищити тактико-технічні характеристики наявних та перспективних зразків ракетно-космічної техніки, а також комерціалізації космічних технологій
3. Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення нанотехнологій	3.1. Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання; 3.2. Створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій;	<ul style="list-style-type: none"> ▪ розроблення та впровадження методик оптимізації параметрів протезів, призначених для людини, та оцінка якості протезування; ▪ розроблення та освоєння економічно легованих марок сталі для виробництва литих, кованих та прокатних виробів з високим комплексом міцнісних та в'язких властивостей, методів їх оброблення та з'єднання; ▪ створення нового покоління монокристалів та керамічних енергетичних вузлів для електронно-променевих, лазерних та газорозрядних пристроїв електронної техніки; <p>3.2. Створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій: створення перспективних технологій виробництва скломатеріалів, кераміки та конструкцій з них, їх оброблення, з'єднання за рахунок їх оптимізації за критеріями міцності; використання надміцних наноматеріалів і покриттів.</p>

Продовження табл. Д.3

1	2	3
	<p>ріалів та виробництво продукції з них; 3.4. Освоєння нових технологій отримання, оброблення і застосування конструкційних та функціональних матеріалів у промисловості, будівельній, транспортній галузі; 3.5. Освоєння нових технологій отримання, оброблення і застосування функціональних матеріалів у біології та медицині; 3.6. Створення нових матеріалів із застосуванням хімічних технологій та розвиток малотоннажної хімії; 3.7. Створення і виготовлення модифікованих матеріалів і розроблення та застосування методів поверхневої модифікації виробів;</p>	

Продовження табл. Д.3

1	2	3
	3.8. Створення і виготовлення матеріалів для виробництва, акумуляції, збереження енергії та охорони навколишнього природного середовища	
4. Технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу	<p>4.1. Розроблення та впровадження технологій адаптивного ґрунтоохоронного землеробства;</p> <p>4.2. Розроблення та впровадження технологій виробництва, збереження і переробки високоякісної рослинницької продукції;</p> <p>4.3. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностикумів захворювань рослин;</p> <p>4.4. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностикумів захворювань тварин і засобів їх захисту;</p>	<p>4.1. Розроблення та впровадження технологій адаптивного ґрунтоохоронного землеробства:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ технологічне оновлення ґрунтової діагностики стану ґрунтів; ▪ науково обґрунтована система ведення землеробства, адаптована до ґрунтово-кліматичних умов господарств різних форм власності; ▪ технологія проведення моніторингу агроресурсів з використанням космічної інформації; ▪ виробництво енергоощадливих дощувальних машин; ▪ технологія відновлення та зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин; <p>4.2. Розроблення та впровадження технологій отримання високоякісної рослинницької продукції:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ адаптивна енергоощадна технологія вирощування біотипів кукурудзи різних груп стиглості в Степу України; ▪ високоєфективна технологія виробництва цукрових буряків; ▪ технологія виробництва насіння пшениці озимієї у Правобережному лісостепу України; ▪ технологія вирощування пшениці озимієї із застосуванням сидератів як попередників; <p>4.3. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностикумів захворювань рослин:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ методи прогнозу фтосанітарного стану агроценозів на базі використання сучасних інформаційних технологій - геоінформаційних систем для визначення доцільності застосування засобів захисту рослин; <p>4.4. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностикумів захворювань тварин і засобів їх захисту:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ технологія отримання високоєфективного дезінфектанту на основі полімерних сполук з кріопротекторними властивостями;

Продовження табл. А-3

1	2	3
	<p>4.5. Технологічне оновлення виробництва продукції скотарства та свинарства;</p> <p>4.6. Розроблення та впровадження технологій створення високопродуктивних альтернативних джерел для отримання пального;</p> <p>4.7. Розроблення та впровадження новітніх біотехнологій у рослинництві, тваринництві та ветеринарії;</p> <p>4.8. Розроблення та впровадження технологій виробництва продуктів дитячого та дієтичного харчування</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ вакцина рекомбінантна проти класичної чуми свиней; 4.5. Технологічне оновлення виробництва продукції скотарства та свинарства: <ul style="list-style-type: none"> ▪ ресурсоощадна технологія підготовки стоків до використання під час промислового виробництва свинини; ▪ система ведення племінного обліку та формування високопродуктивних стад в молочному скотарстві шляхом використання сучасних методів селекції та біотехнології; ▪ екологічна енергоресурсозберігаюча технологія виробництва високопротеїнової кормової добавки з відходів виробництва риби; 4.6. розроблення та впровадження новітніх біотехнологій для рослинництва, тваринництва та ветеринарії: <ul style="list-style-type: none"> ▪ біотехнологія створення селекційного матеріалу важливих зернових культур з ознаками врожайності та стійкості до абіотичних і біотичних стресів; ▪ технологія виробництва насіннєвого матеріалу картоплі, оздоровленого біотехнологічним методом; ▪ технологія відтворення тварин з використанням біотехнологічних методів; ▪ ДНК-технологія оцінки свиней за локусами кількісних ознак для маркерної і геномної селекції в свинарстві; ▪ технологія виготовлення та контролювання видоспецифічних промоторних касет для клонування генів тварин
<p>5. Впровадження нових технологій та обладнання для високоякісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики</p>	<p>5.1. Впровадження нових технологій одержання ферментів;</p> <p>5.2. Впровадження нових технологій одержання рекомбінантного гормону росту, цитокінів та інтерферонів;</p> <p>5.3. Впровадження нових технологій одержання</p>	<p>Впровадження нових технологій та обладнання, таких як:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ молекулярні та клітинні технології розроблення методів діагностики та лікування, в тому числі створення: диференційних діагностикумів для різних видів мікробактерій – збудників туберкульозу; тест-систем для ДНК-діагностики поширених в Україні важких спадкових захворювань моногенної природи, діагностики онкологічних захворювань людини на основі РНК/ДНК мікрочіпів; штучних еквівалентів шкіри медичного призначення з використанням клітин людини; ▪ технології створення нових лікарських засобів на основі спрямованого дизайну біологічно активних речовин та використання наноматеріалів, а саме: одержання лікарських та ветеринарних препаратів на основі біологічно активних речовин і біосумісних наночастинок різної природи; виробництва ліпосомальних лікарських продуктів у формі геля та мазі;

Продовження табл. Д-3

1	2	3
	<p>рекомбінантних препаратів для лікування цукрового діабету;</p> <p>5.4. Впровадження нових технологій створення диференційованих діагностиків для різних видів мікобактерій – збудників туберкульозу;</p> <p>5.5. Розроблення тест-систем для ДНК-діагностики поширених важких спадкових захворювань моногенної природи;</p> <p>5.6. Впровадження нових технологій створення біосенсорів для проведення діагностики поширених захворювань людини;</p> <p>5.7. Впровадження нових аутологічно-клітинних технологій лікування захворювань людини;</p> <p>5.8. Впровадження нових технологій одержання лікарських препаратів на</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ технології спрямованого дизайну біологічно активних речовин з протипухлинною дією та біологічно активних речовин з протитуберкульозною активністю та їх високопропускну скринінгу; одержання нових гліколіпідних антибіотиків – інгібіторів синтезу клітинної стінки бактерій та їх лікувальних форм; ▪ технології виробництва нових ферментних препаратів, а саме визначення активності діагностично- та терапевтично значущих ферментів у біологічних рідинах; одержання ферментів вітчизняного виробництва гліколі-рекомбінантних препаратів для лікування цукрового діабету, потенціювання пробіотичної дії штамів лакто- та біфідобактерій; ▪ інформаційні та телекомунікаційні технології в медицині; ▪ впровадження принципів доказової медицини у виконання наукових досліджень та під час проведення аналізу базових показників здоров'я населення

Продовження табл. Д.3

1	2	3
<p>6. Широке застосування технологій більш чистого виробництва та охорони навколишнього природного середовища</p>	<p>основі біологічно активних речовин і біосумісних наночастинок різної природи; 5.9. Впровадження нових технологій створення нових лікарських засобів на основі спрямованого дизайну біологічно активних речовин та їх високопропускового скринінгу; 5.10. Розроблення нових методів діагностики, лікування та профілактики найбільш поширених захворювань людини</p>	<p>Широке застосування таких технологій, як:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ освоєння виробництва вітчизняних високовольтних силових кабелів з твердою поліетиленовою ізоляцією, що забезпечують надійне та екологічно безпечне електропостачання; ▪ впровадження технології напівовухої сірчоочистки димових газів та обладнання для їх реалізації; ▪ застосування високопродуктивного екологічно безпечного обладнання для оброблення металів та перероблення пластмаси, виробництва та оброблення надчистих монокристалічних, напівпровідникових, оптичних конструкційних матеріалів; ▪ виробництво приладів для проведення екологічного та радіаційного моніторингу, впровадження технологій знезараження і стерилізації повітря, рідин, питної та стічної води, комплексів для екологічно безпечної утилізації відходів, у тому числі медичних та токсичних; ▪ розроблення та запровадження технологій та обладнання для одержання високоякісної питної води, очистки та знезараження стічних вод
<p>6.1. Застосування технологій раціонального надрозроблення надр; 6.2. Впровадження прогресивних технологій водозабезпечення, водокористування та водовідведення; 6.3. Застосування технологій замкненого циклу технологій очищення, переробки та утилізації промислових і побутових відходів;</p>		

Продовження табл. Д-3

1	2	3
7. Розвиток сучасних інформаційних технологій, комунікаційних технологій, робототехніки	<p>6.4. Застосування технологій поведження з радіоактивними відходами та зменшення їх негативного впливу на навколишнє природне середовище;</p> <p>6.5. Застосування технологій зменшення шкідливих викидів та скидів</p> <p>7.1. Розвиток технологій підтримки прийняття стратегічних рішень;</p> <p>7.2. Впровадження новітніх розділів грид-технологій та клауд-комп'ютигу;</p> <p>7.3. Розвиток технологій ситуативного управління під час прийняття управлінських рішень;</p> <p>7.4. Розвиток технологій розвитку національної інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури, зокрема з використанням радіотехнології MITRIS;</p>	<p>7.1. Інформаційні та комунікаційні технології:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ національні інформаційні ресурси, інтегровані системи баз даних та знань; ▪ суперкомп'ютерні програмно-технічні засоби, телекомунікаційні мережі та системи, грид- та "хмарні" технології; ▪ технології та інструментальні засоби електронного урядування; ▪ технології та засоби захисту інформації; ▪ технології та засоби виробництва програмного забезпечення; ▪ технології, системи та засоби оброблення, зберігання і передавання цифрової інформації; ▪ інформаційно-аналітичні системи, системи підтримання прийняття рішень; <p>7.2. Робототехніка:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ поширення комп'ютерної грамотності та реальних можливостей використання інформаційних технологій; ▪ розроблення інформаційно-комунікаційних технологій інтелектуального управління автономними мобільними роботами багатодільового призначення для розв'язання широкого спектра актуальних прикладних завдань

Закінчення табл. Д.3

1	2	3
	<p>7.5. Впровадження новітніх технологій у спеціальні телекомунікаційні мережі, зокрема в Національну систему конфіденційного зв'язку;</p> <p>7.6. Розвиток технологій виготовлення оптичних носіїв для довгострокового зберігання інформації;</p> <p>7.7. Розвиток суперкомп'ютерних технологій для розв'язання задач у галузі економіки; управління складними об'єктами в екології, біології та медицині; обороноздатності держави;</p> <p>7.8. Розвиток технологій тривимірного реалістичного інтелектуального моделювання складних техногенних систем, що розроблені з урахуванням методів і засобів неогеографії та зоогеографії</p>	

Джерело: сформовано автором на основі [162–164]

Таблиця Д.4
Співставлення основних пріоритетних напрямів розвитку нанотехнологій у США, ЄС, Японії, Німеччині, Росії та в Україні з глобальними проблемами людства

Глобальна проблема людства	США, «Національна нанотехнологічна ініціатива (NNI)»	Японія, «Стратегія розвитку нанотехнологій»	Німеччина, «Наноініціатива»	ЄС, 6-та і 7-ма Рамкові програми, «Горизонт 2020»	Росія, ФЦП «Розвиток інфраструктури нанопроєкції у РФ»	Україна	
						ЦКФД «Наоноструктурні системи, наноматеріали, нанотехнології»	ДЦНП «Нанотехнології та наноматеріали»
1	2	3	4	5	6	7	8
Депопуляція і старіння населення	1. Нанобіосистеми і медицина; 2. Проблеми охорони здоров'я	1. Нанобіологія	1. Нанобіологія	1. Інтегрування нанотехнологій для підвищення якості й безпеки життя; 2. Європейська платформа в наномедицині	1. Нанобіотехнології	1. Біонаноматеріали: синтез та властивості	–
Нестача продовольства	–	– « –	– « –	1. Біотехнології	– « –	– « –	–
Екологічні проблеми	1. Проблеми екології, розробка інструментарію для досліджень у сфері екології та токсичності	1. Наноматеріали для захисту навколишнього середовища	–	1. Створення систем контролю за безпекою і відходами виробництва; 2. Виявлення небезпечного впливу нанотехнологій на людину та довкілля	–	–	1. Наноматеріали та нанотехнології для захисту навколишнього природного середовища
Енергетика та енергозбереження;	–	1. Наноматеріали для енергетики	–	–	1. Функціональні наноматеріали для енергетики	–	1. Нанотехнології для енергетики

Продовження табл. Д.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фундаментальні дослідження наномасштабних явищ і процесів; 2. Проектування ієрархічно структурованих матеріалів і ефективне нановиробництво; 3. Дослідження наноструктур і складних наносистем; 4. Силіконова наноелектроніка; 5. Наноінструменти, метрологія й стандарти; 6. Освіта і соціальні проблеми розвитку нанотехнологій 7. Проблеми безпеки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Моделювання наноматеріалів; 2. Нанообробка, формування і технології виготовлення; 3. Технології синтезу речовин і матеріалів; 4. Нові матеріали з контрольованою наноструктурою; 5. Нанопрістрої нанодатчики; 6. Наноелектромеханічні системи (MEMS) та їхні технології; 7. Технології вимірів у нанорозмірному діапазоні й нанорозмірному аналізі; 8. Нанонауки для безпечного й стабільного суспільства 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наноелектроніка; 2. Наноматеріали; 3. Оптика; 4. Мікросистеми; 5. Комунікації 6. Інше 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Міждисциплінарні фундаментальні дослідження нових явищ, що обумовлені розміром наноструктур; 2. Фундаментальний прикладний слідження багатofункціональних матеріалів дизайн і технології їх виготовлення; 4. Створення інтелектуальних систем виробництва матеріалів і пристроїв, гібридних матеріалів; 5. Створення європейської платформи в наноелектроніці 6. Системи безпеки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наноелектроніка; 2. Композитні наноматеріали; 3. Наноінженерія; 4. Функціональні наноматеріали для космічної техніки; 5. Конструкційні наноматеріали; 6. Нанотехнології для систем безпеки 	<p><i>II. Фізика та діагностика нанорозмірних систем:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нанофізика і наноелектроніка 2. Діагностика наносистем; 3. Електронна, атомна будова і властивості наноструктурних матеріалів; 4. Фізика напівпровідникових наноструктур. <p><i>III. Хімія наноматеріалів та наноструктур:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Синтез і формування наноструктур; 2. Колоїдні нанорозмірні системи; 3. Атомно-молекулярна архітектура наноструктур; 4. Фізико-хімія поверхневих явищ, супрамолекулярна хімія. <p><i>IV. Технології наноматеріалів:</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отримання нових знань щодо особливостей фізичних, хімічних, біологічних і більш складних процесів синтезу та атомного складання наносистем; 2. Наноелектроніка; 3. Наноінженерія; 4. Функціональні, конструкційні наноматеріали; 5. Колоїдні нанотехнології; 6. Нанотехнології для каталізу та хімічної промисловості; 7. Нанотехнології спеціального призначення;

Закінчення табл. Д.4

1	2	3	4	5	6	7	8
						1. Технологія багатофункціональних матеріалів; 2. Фізика і технологія наноматеріалів в екстремальних умовах; 3. Тонкоплівні нанотехнології з'єднання неорганічних матеріалів; 4. Інформаційне забезпечення робіт із зазначених проблем	

Джерело: сформовано автором на основі [10; 143]

Таблиця А.5

Співвідношення пріоритетної тематики нанодосліджень у США і в Україні та відповідність їх глобальним проблемам людства

Глобальна проблема людства	Пріоритетна тематика у США			Пріоритетні теми в Україні	
	Короткострокові (1–5 років)	Середньострокові (5–10 років)	Довгострокові (10–20 років)	Середньострокові (до 5 років)	Довгострокові (15–20 років)
1	2	3	4	5	6
Депопуляція і старіння населення	1. Мобільне медичне діагностичне устаткування	1. Цільова лікарська терапія. 2. Ефективна медична візуалізація	1. Постачання лікарських препаратів через клітинні стінки. 2. Нейронне протезування при лікуванні паралічів, сліпоти тощо	1. Освоєння нанотехнологій в медичній діагностиці, у тому числі для рентгенівських томографів	1. Розробка нанотехнологій і розвиток матеріалознавства для медицини (біоматеріали, сумісні з людським організмом). 2. Розробка нових приладів, пристроїв діагностичних систем
Екологічні проблеми	1. Наномембрани і фільтри для очищення й опріснення води	1. Технології із зв'язування вуглецю при очищенні емісій	–	–	–
Енергетика та енергозбереження	1. Перезаряджальні батареї із тривалим терміном дії	1. Високоєфективні сонячні елементи (фотоеlementи) за доступними цінами. 2. Удосконалені паливні елементи. 3. Ефективні технології для одержання водню з води	1. Перетворення енергії термічних і хімічних джерел	1. Створення наноструктурних композитів альтернативної енергетики, наприклад, сонячні батареї-суперконденсатори, оксидні паливні осередки	–

Закінчення табл. Д.5

1	2	3	4	5	6
Відставання від провідних країн світу в переході до нового технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	<p>1. Нанокмозиційні матеріали з високим співвідношенням міцність / вага, покращеними показниками твердості й інших характеристик.</p> <p>2. Удосконалені каталізатори, що зменшують вміст дорогоцінних металів в емульсіях.</p> <p>3. Швидкореагуючі, селективні, надійні надпровідникові хімічні й біологічні сенсори</p>	—	1. Молекулярна електроніка	1. Освоєння нанотехнології в оптоелектроніці	1. Розробка нанопристроїв, нанороботів (наноботів), у тому числі для хірургічних операцій у судинах і окремих клітинах організму

Джерело: сформовано автором на основі [10; 93; 149; 150; 182, с. 127; 206]

Таблиця Д.6

Співвідношення прогнозу критичних технологій у США і Японії на 20 років з прогнозним переліком критичних нанотехнологій, найбільш перспективних для комерціалізації в Україні у 2012–2022 рр.

Глобальна проблема людства	Прогнозні критичні технології у США та Японії на 20 років			Перспективні технології в Україні	
	Напрямок	Сфера застосування	Терміни появи та масової реалізації	Критичні	Інші перспективні
1	2	3	4	5	6
Депопуляція і старіння населення	1. Діагностичні системи на основі біочипів, що можуть з високою точністю діагностувати схильність до захворювання на рак та ін. й забезпечувати інформацією про необхідну обробку протягом дуже короткого часу. 2. Створення систем носіїв, керованих ззовні й здатних доставляти ліки й гени в задані клітини в тілі людини	Нанотехнологія матеріалів, нанобіологія Нанотехнологія матеріалів, нанобіологія	2012–2020 2013–2022	1. Методи отримання наночасток із функціональною поверхнею, придатною для приєднання антибіотиків. 2. Технологія створення флуоресцентних нанозондів для моніторингу фізіологічного стану біологічних об'єктів	–
Екологічні проблеми	1. Виробництво водню за допомогою фотокаталітичного розкладання води під дією сонячного світла	Нанотехнологія матеріалів, матеріали енергетики, екологічно безпечні	2013–2022	–	–
Енергетика та енергозбереження	1. Великогабаритні сонячні батареї на основі аморфного кремнію з ефективністю більше 20 %	Нанотехнологія матеріалів, нові матеріали з контролем на нанорівні	2012–2020	–	–
Відставання від провідних країн світу в переході до нового	1. Надпрецизійні технології з погіршенням в англійській мові, що досягається з використанням нових променевих технологій (іонна, електронна, лазерна).	Виробництво, нанобробка, мікробробка матеріалів;	2012–2018	1. Застосування гідротермального способу отримання нанопористого вуглецю при високому тиску.	1. Наноконструкційні градієнтні композиційні покриття (гальванопорошкова металургія).

1	2	3	4	5	6
технологічного укладу, уповільнення науково-технічного прогресу	2. Технології формування з нанометровою точністю.	Нанотехнологія матеріалів, нанобробка	2012–2019	2. Використання потужного лазерного випромінювання для цілеспрямованої модифікації нанопористих матеріалів TiO_2, SiO_2 . 3. Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів. 4. Оптимізована технологія отримання наноструктур на основі сполук AIVBVI для пристроїв нового покоління	2. Порошкова металургія з використанням нанотехнологій. 3. Технологія отримання плівкових наноструктурних 0D, 1D, 2D над провідникових матеріалів. 4. Відновлення металевих оксидів нанорозмірним порошком карбїду кремнію. 5. Отримання оптичної кераміки, наокомполітів із люмінесцентних наночасток методами пресування та синтезу в матрицях. 6. Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів. 7. Технологія виробництва оксидних нанопорошків та керамічних виробів для роботи в агресивних середовищах. 8. Одержання і застосування наноматеріалів на основі діоксиду титану
	3. Технології тривимірного атомно-молекулярного збирання.	Нанотехнологія матеріалів	2013 – 2020		
	4. Технології збирання і створення устаткування із надмалим зношуванням.	Нанотехнологія, нанобробка, нанозбирання	2013 – 2021		
	5. Технології виготовлення матеріалів з інноваційними функціями і властивостями із застосуванням керованих маніпуляцій на нанорівні атомно-молекулярного збирання або структури матеріалу.	Нанотехнологія, нанобробка, нанозбирання	2018 – 2028		
6. Розробка нових систем озброєння і безпеки на основі нанотехнологій					

Джерело: сформовано автором на основі [10, 182, с. 214–219; 207–209]

Таблиця Д.7

Перелік нанотехнологій за напрямом «Нанотехнології та нові матеріали», найбільш перспективних для комерціалізації в Україні у 2008–2009 рр.

№ з/п	Назва технологій
Перелік критичних нанотехнологій (напрямок «Наноматеріали і способи їх отримання»)	
1	Застосування гідротермального способу отримання нанопористого вуглецю при високому тиску
2	Використання потужного лазерного випромінювання для цілеспрямованої модифікації нанопористих матеріалів (TiO_2 , SiO_2)
3	Хімічні методи отримання наночасток із функціональною поверхнею, придатною для приєднання антитіл
4	Технологія створення флуоресцентних нанозондів для моніторингу фізіологічного стану біологічних об'єктів
5	Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів
6	Оптимізована технологія отримання наноструктур на основі сполук AlVbVI для пристроїв нового покоління
Інші нанотехнології, що найбільш готові до комерціалізації	
7	Наноконпозиційні градієнтні композиційні покриття (гальванопорошкова металургія)
8	Порошкова металургія з використанням нанотехнологій
9	Технологія отримання плівкових наноструктурних 0D, 1D, та 2D напівпровідникових матеріалів
10	Відновлення металевих оксидів нанорозмірним порошком карбиду кремнію
11	Низькотемпературні хімічні золь-гелльні та міцелярні методи отримання люмінесцентних наночасток
12	Отримання оптичної кераміки, наноконполімерів із люмінесцентних наночасток методами пресування та синтезу наночасток в кристалічних, скляних та полімерних матрицях
13	Дослідно-виробнича технологія виготовлення вуглецевих наноструктурних композитів
14	Технологія виробництва оксидних нанопорошків та керамічних виробів для роботи в агресивних середовищах
15	Нанотехнології в порошковій металургії
16	Одержання і застосування наноматеріалів на основі діоксиду титану

Джерело: сформовано автором на основі [10; с. 319]

Додаток Ж
Перспективи використання конвергентних біотехнологій
у медицині, сільському господарстві та харчовій промисловості
України

Таблиця Ж.1

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної міждисциплінарної програми «Фундаментальні основи молекулярних та клітинних біотехнологій» за 2010–2014 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2011	Властивості комплексів біомакромолекул	Проведено пошук інгібіторів, які стануть основою для створення нових антибактеріальних лікарських препаратів із селективною дією проти патогенних бактерій	Антибактеріальні лікарські препарати проти туберкульозу й ентерококових інфекцій людини	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Молекулярні та клітинні технології	Розробляються прототипи тест-систем для ДНК-діагностики найбільш поширених в Україні моногенних спадкових захворювань і генетичних чинників спадкової схильності до розвитку інсультів	ДНК-діагностика спадкових захворювань	-«-	-«-
	Геноміка	Сконструйовано вектори, що містять гени стійкості до гербіцидів	Отримання гербіцидостійких рослин	Сільське господарство	Продовольча проблема
	Біологічно активні речовини	Розроблено лабораторну технологію одержання з морської сировини біологічно активних речовин, збагачених біогенними стимуляторами	Біологічно активні добавки для харчування і як компоненти медичних препаратів	Сільське господарство; Медицина	Продовольча проблема; Депопуляція і старіння населення
2012	Властивості комплексів біомакромолекул	Створено наукові засади для розробки новітніх тест-систем для діагностики і лікування спадкових захворювань людини, ефективних систем доставки цільових терапевтичних генів у клітини й органи	Генна терапія, терапевтичне застосування стовбурових клітин	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Проведено дослідження з удосконалення методів мішень-спрямованого пошуку селективних біологічно активних речовин	Селективні біологічно активні речовини	-«-	-«-

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5	6
	Молекулярні та клітинні технології	Вивчено наукові аспекти створення нових штамів мікроорганізмів та рослин – продуцентів лікарських препаратів	Нові штами продуцентів лікарських препаратів	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Проведено роботи зі створення новітніх біотехнологій для підвищення продуктивності сільськогосподарських рослин та їх стійкості до дії біотичних та абіотичних факторів	Підвищення продуктивності й стійкості сільськогосподарських рослин	Сільське господарство	Продовольча проблема
	Геноміка	Розроблено наукові засади порівняльної геноміки рослин і тварин (включаючи рідкісні та зникаючі види)	Збереження генофонду і пошук нових генів	Сільське господарство; Медицина	Продовольча проблема; Депопуляція і старіння населення
	Біологічно активні речовини	Проведено дослідження з вивчення молекулярних механізмів дії біологічно активних речовин, регуляторів росту, засобів захисту рослин	Створення інсектицидів, фунгіцидів, гербіцидів	Сільське господарство	Продовольча проблема
2013	Властивості комплексів біомакромолекул	Одержано вискоекспресійний продуцент рекомбінантних scFv-антитіл, специфічних до протеїну С людини. Проведено роботи з одержання специфічних до протеїну С людини моноклональних антитіл	Розробка імуноферментного методу визначення концентрації протеїну С в плазмі крові людини	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Досліджено диференціацію та інтеграцію нейтральних стовбурових клітин, трансплантованих при моделюванні ішемічного ушкодження мозку in vitro та in vivo. За результатами моделювання церебральної ішемії ці клітини здатні відновлювати функції пошкодженої тканини гіпокалма, утворюючи синаптичні терміналі	Використання стовбурових клітин для відновлення функції пошкодженої тканини гіпокалма	-«-	-«-
		Проведено трансляційні дослідження експресії протеїнкіна з родини PKD1 і PKD2 в злоякісних пухлинах шлунку. Встановлено, що рівень експресії PKD2 в злоякісних пухлинах шлунку корелює із розповсю-	Розробка тест-системи для діагностики злоякісних пухлин шлунку	-«-	-«-

Додатки

Продовження табл. Ж.1

1	2	3	4	5	6
		дженням і стадією пухлинного процесу, зокрема, з наявністю метастазів. Створено тест-систему для диференційного визначення рівня експресії мРНК протеїн-кінази людини з використанням КПЛР у реальному часі			
	Молекулярні та клітинні технології	Створено прототипи тест-систем для визначення спадкової схильності до розвитку ішемічного інсульту та прогнозу ефективності антиагрегантної терапії у спеціалізованих закладах охорони здоров'я	Розробка прототипу тест-системи для діагностики розвитку ішемічного інсульту	-«-	-«-
	Геноміка	Досліджено використання «векторних клітин» як багатоцільового інструменту для зміни мікрооточення	Використання стовбурових клітин	-«-	-«-
		У диких тварин на території України ідентифіковано три види трихінел: <i>Trichinella britovi</i> , <i>Trichinella native</i> , <i>Trichinella spiralis</i> .	Сформовано першу в Україні бібліотеку ДНК <i>Trichinella</i>	Сільське господарство; Медицина	Продовольча проблема; Депопуляція і старіння населення
	Біологічно активні речовини	Проведено дослідження молекулярно-генетичного поліморфізму сортів та ліній озимої м'якої пшениці, з метою визначення впливу алелю <i>Glu-B1a1</i> на показники хлібопекарської якості	Можливість швидко диференціювати селекційні зразки пшениці	Сільське господарство	Продовольча проблема
2014	Властивості комплексів біомакромолекул	Розроблено метод визначення сіаловмісних рецепторів на поверхні вірусу грипу. Герпесу 1 і 2 типів, гепатиту С та ВІЛ в організмі людини і тварин	Тест-система для діагностики та лікування вірусних інфекцій з використанням молекулярних форм сіалоспецифічних лектинів як імуносорбентів	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Молекулярні та клітинні технології	Створено тваринні моделі пухлин головного мозку з використанням клітинних ліній гліального та негліального походження	Можливість використання для перевірки протиракових препаратів <i>in vivo</i>	-«-	-«-

Закінчення табл. Ж.1

1	2	3	4	5	6
			з метою створення нових препаратів		
	Біологічно активні речовини	Розроблено методологію культивування коренів зникаючих та рідкісних рослин, які застосовуються в медичній практиці. Створено та проаналізовано колекцію культур ізольованих та трансформованих коренів різних видів рослин	Використання вказаних рослин як потенційне джерело сполук з біологічною активністю	Сільське господарство; Медицина	Продовольча проблема; Депопуляція і старіння населення
	Біотехнології	Вперше опрацьовано біотехнологію прискороного одержання нових форм пшениці	Пшениця із підвищеною стійкістю до офіобольозної кореневої гнилі, водного дефіциту	Сільське господарство	Продовольча проблема
		Розроблено та впроваджено у виробництво ефективну систему живлення пшениці	Система живлення, яка забезпечує підвищення зернової продукції на 10–15 %	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі за [256–260]

Таблиця Ж.2

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної міждисциплінарної програми «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медицини, промисловості та сільського господарства на 2015–2019 рр.» за 2015 рік

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2015	Властивості комплексів біомакромолекул	Створено модель перинатального гіпоксично-ішемічного ушкодження головного мозку тварин у поєднанні із запаленням	Використання у подальших дослідженнях перинатальної патології центральної нервової системи	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Молекулярні та клітинні технології	Здійснено відбір імунофенотипічних маркерів клітин	Можливість визначити початкові стадії лейкоїзації кісткового мозку різними формами β-клітинних лімфом у хворих	-«-	-«-
		Врахування наявності і характеру експресії ряду диференційно-діагностичних імунодефіцитохімічних маркерів	Дозволяє визначити рідкісні випадки лейкоїї	-«-	-«-
	Геноміка	Створено базу клінічних даних пацієнтів з діагнозом хронічний вірусний гепатит С. Розроблено та апробовано діагностичні методики аналізу поліморфізму певних генів	Методики стануть основою фармакогенетичного тестування цієї хвороби	-«-	-«-
	Біологічно активні речовини	Проведено модифікацію методики визначення цитоклінів у міцелярній біомасі базидіальних грибів та отримано дані щодо вмісту цих гормонів у 6 видах грибів. Визначено найбільш продуктивні штами та запроваджено методику висушування грибного матеріалу	Можливий захід у біотехнології отримання препаратів з високою біологічною активністю	-«-	-«-
Біотехнології	Виконано схрещування озимої пшениці сорту Куяльник (як джерела екстрависокої хлібопекарської якості борошна). Отримано насіння другого покоління та перше бекросне покоління	Створення селекційних популяцій для доборів	Сільське господарство	Продовольча проблема	

Закінчення табл. Ж.2

1	2	3	4	5	6
		Методом ступінчатої клітинної селекції отримано калюсні лінії та регенеранти м'якої пшениці сорту Хуторянка	Сорти м'якої пшениці, стійкі до модельованого водного дефіциту	-«-	-«-
		Визначено перспективні сорти зернових колосових культур для подальшої селекції з високим рівнем накопичення цінних для здоров'я людини мікроелементів (залізо, цинк, марганець, селен)	Нові сорти зернових культур з високим вмістом цінних для людини мікроелементів	-«-	-«-
		Визначено дози гострого опромінення насіння лікарських рослин, що викликають стимуляцію накопичення біомаси та синтезу вторинних метаболітів Відпрацьовано методики вирощування цих рослин, а також виділення та визначення вторинних метаболітів у лікарській сировині	Методики вирощування лікарських рослин, що викликають синтез вторинних метаболітів	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [261; 262]

Таблиця Ж.3

Розроблені прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб у результаті виконання комплексної науково-технічної програми НАН України «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» у 2010–2012 рр.

Сфера застосування	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Глобальна проблема
1	2	3	4
Медицина діагностика	Створено експериментальні зразки приладів на основі іонно-селективних польових транзисторів	Проведення одночасного кількісного аналізу концентрації глюкози, сечовини та креатиніну крові людини й діалізату крові хворих на ниркову недостатність	Депопуляція і старіння населення
	Виготовлено дослідний зразок сенсорного пристрою	Експрес-діагностика гелікобактеріозу при виразці шлунку	«-»
	Створено експериментальні зразки оптоелектронних біосенсорів на поверхневому плазменному резонансі	Дослідження зсідання крові людини та визначення окремих компонент системи зсідання	«-»
Екологічний моніторинг довкілля та промислових зон	Виготовлено експериментальний зразок оптичного сенсора водню з виносним блоком індикації	Моніторинг промислових об'єктів	Забруднення навколишнього середовища
	Створено експериментальні зразки ферментного мультибіосенсора на основі рН-чутливих польових транзисторів	Визначення загальної токсичності стічних вод та окремих токсичних речовин у розчинах	«-»
	Розроблено, виготовлено та налагоджено експериментальний зразок портативного приладу на основі електрохімічних біосенсорів	Визначення вмісту формальдегіду	«-»
Харчова промисловість та сільське господарство	Розроблено та виготовлено експериментальний зразок чотириканального кондуктометричного вимірювального мультибіосенсорного комплексу	Визначення сахаридів у харчових продуктах	Нестача продовольства
	Виготовлено малу партію портативних хронофлуорометрів «Флоратест»	Визначення функціонального стану рослин	«-»
	Створено портативний пристрій на основі рН-чутливих польових транзисторів	Визначення токсичних глікоалкалоїдів у картоплі та харчових продуктах	«-»
Харчова промисловість та сільське господарство	Розроблено та виготовлено експериментальний зразок чотириканального амперметричного вимірювального комплексу	Аналіз якості вина та винопродуктів у виноробстві	«-»

Закінчення табл. Ж.3

1	2	3	4
	Розроблено та виготовлено експериментальний зразок восьмиканальної газоаналізаторної сенсорної системи типу «електронний ніс» на основі кварцового мікробалансу та каліксаренів	Розпізнавання складових газових сумішей за хімічними образами	-«-
Метрологічне забезпечення створених приладів	Оптимізовано алгоритм та налагоджено програмно-апаратні засоби для проведення атестації первинних рН-ПТ-електродів за допомогою як самого вимірювального перетворювача, так і портативного автоматизованого характерографа	Проведення атестації первинних рН-ПТ-електродів	Технологічне відставання; 6-й технологічний уклад
	Розроблено взірцеві міри для метрологічної атестації електронного вимірювального каналу кондуктометричного і амперметричного приладів, досліджено його чутливість та похибки, що пов'язані зі змінами електричних параметрів датчиків	Метрологічна атестація електронного вимірювального каналу кондуктометричного і амперметричного приладів	-«-
	Спільно з ДП «Укрметрестандарт» створено методики готування калібрувальних розчинів формальдегіду, меркурію (II) нітрату, трихлорфону цукрози глюкози, лактози, мальтози, бутирилхолінхлориду, α -чаконіну та α -соланіну, сечовини, креатиніну, етанолу, гліцерину, лактату, фенолу та катехолу	Методики готування калібрувальних розчинів	-«-
	Створено методики градуювання лабораторних прототипів приладів для вимірювання молярної концентрації стероїдних глікоалкалоїдів у картоплі, глюкози та сахарози у соках та винах, о-гідро-ксифенолів та трихлорофону у річковій воді, сечовини, глюкози та креатиніну в сироватці крові, фармацевтичних препаратах та миючих засобах	Вимірювання концентрації шкідливих та інших речовин у продуктах харчування, воді, крові, фармацевтичних препаратах та миючих засобах	-«-
	Пройдено перші етапи реєстрації сенсорного апарата «Гелікотестер» як виробу медичного призначення	Апарат для неінвазивної експрес-діагностики гелікобактеріозу шлунку	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [235; 256–258; 265]

Таблиця Ж.4

Найбільш значущі результати виконання комплексної науково-технічної програми «Сенсорні прилади для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб: метрологічне забезпечення та дослідна експлуатація» на 2013–2017 рр.» за 2013–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2013	Медична діагностика	Успішно пройдено клінічну апробацію медичного виробу «Апарат для експрес-діагностики гелікобактеріозу шлунку «Гелікотестер»	Прилад для діагностики гелікобактеріозу шлунку	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Виготовлено партію з трьох експериментальних зразків кондуктометричних біосенсорних систем, на яких відпрацьовано відповідну експлуатаційну документацію. Проведено метрологічні дослідження біосенсора для визначення концентрацій мальтози	Кондуктометричні біосенсорні системи	«-»	«-»
		Виготовлено та налагоджено два робочих зразки модифікованого варіанта вторинного вимірювального перетворювача для диференційних рН-ПТ-електродів з вбудованими модулями діагностики, контролю та індикації. Розроблено лабораторний прототип біосенсора для визначення аргініну на основі ефекту оборотного інгібування фермента уреазы	Прототип біосенсора для визначення аргініну	«-»	«-»
		Виготовлено експериментальні зразки приладів для амперметричних біосенсорів. Відпрацьовано протоколи вимірювань лактату, етанолу та глюкози в реальних зразках за розробленими раніше методиками	Амперметричні біосенсори	«-»	«-»
		На основі очищених препаратів флавоцитрохому b2 та наночастинок золота сконструйовано лабораторний прототип електрохімічного ферментного безмедіаторного біосенсора типу «третього покоління»	Біосенсори для кількісного визначення вмісту L-лактату	«-»	«-»
	Екологічний моніторинг довкілля і промислових зон	Створено портативні біосенсорні пристрої для визначення вмісту 0-гідроксифенолів та проведено експериментальну перевірку ефективності розроблених сенсорних систем для моніторингу довкілля	Біосенсори для моніторингу довкілля	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища

Продовження табл. Ж.4

1	2	3	4	5	6
		Розроблено методику градування лабораторного прототипу сенсорного пристрою на основі полімерів-біоміметиків з тирозиназною активністю. Проведено порівняння даних біосенсорного аналізу із результатами традиційних інструментальних аналітичних методів	Методика визначення вмісту 0-гідроксифенолів у стічних водах	-«-	-«-
		Створено новий макет приладу сенсорної системи типу «Електронний ніс» з оптимізованими параметрами, що дозволило покращити співвідношення сигнал/шум та значно зменшити «фактор оператора»	Макет сенсорного приладу «Електронний ніс»	-«-	-«-
		Створено два масиви сенсорних елементів для детектування ароматичних сполук та кетонів	Сенсори для детектування ароматичних сполук та кетонів	-«-	-«-
		Відпрацьовано процедури вимірювання вмісту ряду важких металів у водних зразках за допомогою біоселективних елементів на основі уреазі і АцХЕ та загальної токсичності	Процедури вимірювання вмісту важких металів	-«-	-«-
		Харчова промисловість та сільське господарство	В польових умовах показано можливість використання розроблених біосенсорних біоломінісцентних та БСК-аналізаторів для експресного моніторингу стану ґрунтів сільгосппризначення та якості кормів, кормових добавок і сільгосппродукції за показниками забрудненості органічними і неорганічними поліюгантами	Моніторинг стану ґрунтів, якості кормів, кормових добавок і сільгосппродукції	Сільське господарство
2014	Медична діагностика	Розроблено експериментальний макет апарату для неінвазивної експрес-діагностики непереносимості лактози «Лактозотестер»	Датчик високої чутливості для діагностики	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Створено експлуатаційний макет сенсорного індикатора вологи «Електронна няня»	Профілактика і лікування енурезу		
		Розроблено ескізу документацію та створено макет діагностичного приладу на основі поверхневого плазмонного резонансу	Діагностика вірусу герпесу		
		Створено експериментальний макет біосенсора ОНКОПЛАЗМ	Діагностика гліом головного мозку		
	Екологічний моні-	Створено портативні, високостабільні та селективні оптичні сенсорні системи для визначення	Оптичні сенсорні системи	Охорона нав	Забруднення

Додатки

Продовження табл. Ж.4

1	2	3	4	5	6
	торинг довкілля і промислових зон	біофенолу А, придатні до застосування поза лабораторією та розпочато роботи з їхньої стандартизації Виготовлено три дослідних зразки мультисенсорних газоаналізаторів, оснащених засобами безпроводного зв'язку	для визначення біофенолу А Вимірювання маркерних газів дихання O ₂ , CO, CO ₂ , вологості та температури	колишнього середовища	навколишнього середовища
2015	Медична діагностика	Розроблено експериментальний макет апарату для неінвазивної експрес-діагностики непереносимості лактози «Лактазотестер», досліджено його технічні та експлуатаційні характеристики та розроблено його технічну документацію	Апарат для експрес-діагностики непереносимості лактози	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Розроблено експериментальний зразок сенсорного апарату «Астмамастер» на основі датчика оксиду азоту та математичний апарат для обробки результатів вимірювання, проведено комплекс попередніх технічних досліджень апарату та підготовлено конструкторсько-технологічну документацію на пристрій	Зразок і документація на сенсорний апарат «Астмамастер»		
	Протестовано нові модернізовані портативні кондуктометричні біосенсорні прилади у роботі із реальними зразками. Відпрацьовано протоколи вимірювань лактози та глюкози в реальних зразках та порівняно із загальноприйнятими методами їх визначення. Розроблено і затверджено в ДП «Укрметртестстандарт» нормативний документ «Програма та методика метрологічної атестації», проведено метрологічну атестацію експериментального зразка диференційного кондуктометричного аналізатора МХП-3, отримано свідоцтво про його державну метрологічну атестацію	Нові модернізовані портативні кондуктометричні біосенсорні прилади, в тому числі МХП-3			
Екологічний моніторинг довкілля і промислових зон	Спільно із ДП «Укрметртестстандарт» виконано роботи із стандартизації створених сенсорних систем на основі полімерів-біоміметиків із каталітичними та рецепторними властивостями: проведено повний комплекс метрологічних досліджень для визначення градуовальної характеристики створеної системи для детекції біофенолу А	Стандартизація створеної сенсорної системи для детекції біофенолу А	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища	

Закінчення табл. Ж.4

1	2	3	4	5	6
		Розроблено новий високочутливий, селективний потенціометричний біосенсор для визначення сечової кислоти, створено його лабораторний прототип. Разом з ДП «Укрметр-тестстандарт» доопрацьовано і затверджено методику атестації вторинного вимірювального перетворювача до диференційних рН-ПТ електродів як складової частини ферментного мультибіосенсора	Високочутливий, селективний потенціометричний біосенсор для визначення сечової кислоти		

Джерело: сформовано на основі [259–261]

Таблиця Ж.5

Найбільш значущі результати виконання комплексної програми наукових досліджень НАН України «Новітні медико-біологічні проблеми та навколишнє середовище людини» за 2007–2009 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2007	Новітні медико-біологічні та біоінженерні технології	На експериментальних моделях нервової патології визначено особливості змін активності різних класів кальцієвих каналів в первинних ноціцептивних нейронах при больових синдромах	Особливості змін активності кальцієвих каналів при больових синдромах	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Вперше продемонстровано високий потенціал метилфосфонатних похідних 2,814, 20-тетратіакалікс [4] арену як ефективних інгібіторів металозалежних лужних фосфатаз	Інгібітори металозалежних лужних фосфатаз	«-»	«-»
		Синтезовано та апробовано новий аналог «Діазоксиду»	Лікування серцево-судинних захворювань	«-»	«-»
		Створено імуноглобулін проти токсоплазми, активність якого становить 1700 міжнародних одиниць, що не змінюється протягом 6 місяців	Стійкий високоактивний імуноглобулін проти токсоплазми	«-»	«-»
	Біологічно активні речовини	Виділено ряд сортів пшениці, які є стійкими в польових умовах до дії місцевих популяцій збудників бурі іржі, борошністої роси і септоріозу	Стійкі до захворювань сорти пшениці	Сільське господарство	Нестача продовольства

Додатки

Продовження табл. Ж.5

1	2	3	4	5	6
	Навколишнє середовище людини	Створено плаваючі носії для виготовлення сорбентів-фотокаталізаторів з наперед заданим терміном плавучості	Очищення природних водоймищ та стічних вод	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища
2008	Новітні медико-біологічні та біоінженерні технології	Проведено клінічні дослідження кардіопротекторного впливу препарату Епадол у хворих на ішемічну хворобу серця і виявлення покращення їх стану на другому тижні прийому препарату	Кардіопротекторний вплив препарату Епадол	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Розроблено метод синтезу нових сегментованих поліуретанів, які не викликають запалення аорти	Серцево-судинна хірургія	-«-	-«-
		Виявлено значне підвищення експресії Ruk/CIN85 в папілярних канцерах щитоподібної залози людини	Дозволяє вважати цей адаптерний білок одним із маркерів пухлинного росту	-«-	-«-
		Державним фармакологічним центром МОЗ України затверджено аналітико-нормативну документацію на субстанцію лікувального засобу на основі 5-амінолевулінової кислоти гідрохлориду	Фотодинамічна очистка ауто-трансплантатів кісткового мозку від лейкоциклічних клітин	-«-	-«-
		Отримано та запатентовано препарат «Діазокид», який виявляє гіпотензивний ефект без проявів аритмії	Гіпотензивний препарат	-«-	-«-
		Синтезовано композиційні сорбенти різного складу на основі пелоїду та отримано ряд поглинання важких металів для них	Композиційні сорбенти	-«-	-«-
		Розроблено технологію синтезу напівпродуктів для окремих похідних індолюхінокаліну та нафталаміду для дослідження їх як індукторів інтерферону та противірусних агентів	Індуктори інтерферону та противірусних агентів	-«-	-«-
		Закінчено доклінічне вивчення препарату «Метовітан», технологію виробництва передано на хіміко-фармацевтичне підприємство ЗАТ «Технолоґ» (м. Умань)	Технологія виробництва препарату «Метовітан»	-«-	-«-

Продовження табл. Ж.5

1	2	3	4	5	6
		Одержано патент на нанобіотехнологію отримання бактерицидної композиції, яка містить морські біополімери і ультрадисперсні частинки срібла	Нанобіотехнологія отримання бактерицидної композиції	-«-	-«-
		Розроблено тест-оцінки рівня імунодепресії при онкологічних захворюваннях з використанням нативного інтерлейкіну 12	Тест-оцінки рівня імунодепресії при онкології	-«-	-«-
		Створено і запатентовано технологію виробництва мазі «Теобон-дітіомікоцид»	Мазь Теобон-дітіомікоцид	-«-	-«-
		Запропоновано методи синтезу олігоетербіссаліцилатів та олігоетерів, що зв'язують уран та трансуранові елементи	Речовини, що зв'язують уран та трансуранові елементи	-«-	-«-
		Показано, що фармацевтично цінний людський інтерферон $\alpha 2b$ може накопичуватись в рослинах <i>N.exelsior</i> внаслідок транзйентної експресії	Накопичення людського інтерферону в рослинах	-«-	-«-
		Досліджено закономірності і механізм дії макроциклічних інгібіторів калікс [4]арен- та тікалікс [4]аренме-тилфосфонових кислот на активність Zn-залежної лужної фосфатази з креветок та інших джерел	Властивості макроциклічних інгібіторів	-«-	-«-
		Досліджено ефективність антиоксидантної та антирадикальної дії ряду екстрактів лікарських рослин за умов УФ-опромінення	Антиоксидантна та антирадикальна дія лікарських рослин	-«-	-«-
	Біологічно активні речовини	В результаті селекційних випробувань відібрано високобілкові (до 17,4 % білку в зерні) лінії пшениці, які можуть служити вихідним матеріалом при створенні високоякісних сортів	Високобілкові лінії пшениці як вихідний матеріал для нових сортів	Сільське господарство	Нестача продовольства
	Навколишнє середовище людини	Побудовано оригінальну конструкцію електродіалізного концентратора-розділювача для глибокого концентрування розчинів солей	Забезпечує ефективну переробку концентратів солей стічних вод	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища

Додатки

Продовження табл. Ж.5

1	2	3	4	5	6
		Запропоновано композитні матеріали на основі природних цеолітів з високою бактерицидною і фунгіцидною активністю	Композитні матеріали з бактерицидними і фунгіцидними властивостями	-«-	-«-
		Досліджено ефективність очищення річкових вод, ґрунтів від забруднення нафтопродуктами новими препаратами «Еколан» і «Родойл», які створені на основі активних штамів-деструкторів вуглеводнів	Препарати для очищення річкових вод, ґрунтів	-«-	-«-
2009	Новітні медико-біологічні та біоінженерні технології	Створено генетичні конструкції, які дозволяють експресувати рекомбінантні білки (туберкульозний антиген, соматотропний гормон людини, інтерферон) і відокремити їх від усіх інших компонентів рослинного екстракту	Можливість очищення білка в одну стадію	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Вперше розроблено перспективну сорбційну матрицю для створення апікаційних композитів з іммобілізованим біологічно активним комплексом наносрібла з альгінатною підкладкою на основі активованого вуглецевого волокнистого сорбенту у формі матеріалу, що володіє потужними бактерицидними властивостями.	Розроблені технічні умови на «Пов'язки вуглецеві срібловмісні» та «Засоби перев'язувальні на основі волокнистих вуглецевих матеріалів»	-«-	-«-
		Розроблено новий фторвмісний аналог препарату «Діазоксид», який діє на показники роботи серця, тонус судин і гемодинамічні показники	Малотоксичний лікарський препарат	-«-	-«-
		Розроблено та оформлено напівпромислової технології одержання готової форми препаратів «Кальмівід» та «Кальмівід М» для лікування захворювань кісткової тканини, що мають високу специфічну активність у нормалізації D-вітамінного, мінерального, ліпідного обміну та структурно-функціо-	Технологія одержання готової форми препаратів «Кальмівід» та «Кальмівід М» для лікування за	-«-	-«-

Закінчення табл. Ж.5

1	2	3	4	5	6
		нальної активності кісткової тканини при аліментарному остеопорозі	хворювань кісткової тканини		
		Створені і досліджені стандартні специфічний імуноглобулін проти токсоплазми та специфічний імуноглобулін проти вірусу оперезуючого лишая, охарактеризовані параметри стабільності створених стандартних специфічних імуноглобулінів	Стандартні специфічні імуноглобуліни проти токсоплазми і вірусу оперезуючого лишая	««	««
	Біологічно активні речовини	Вперше доведено ефективність біологічно активного ліпиду – N-стеароїл-етаноламіна (NSE) як протипухлинного агента, що здатний індивідуально гальмувати ріст первинної пухлини	Біологічно активний ліпід, що гальмує ріст пухлини	««	««
	Навколишнє середовище людини	Виявлено, що перебування на висоті 2100 м (Приельбрусся) супроводжується позитивними перетвореннями ліпідного спектра плазми крові, зниженням вмісту глюкози, тенденцією до нормалізації метаболічних зрушень та зменшенням патологічних проявів у добровольців	Корисна дія на організм людини від перебування на висоті більше 2000 метрів	««	««

Джерело: сформовано автором на основі [254; 255]

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біомаса як паливна сировина» («Біопалива») за 2007–2012 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2007	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Виділені високопродуктивні форми соргових культур, сориту, пальчастого проса, топінамбуру, топінсоняшнику з розрахунковим виходом етанолу від 150–200 дкл/га до 450–900 дкл/га	Сформовано генофонд рослин з високою олійністю та виходом ліпідів	Сільське господарство; Енергетика	Нова енергетика
		Проведено скринінг целюлозолітичної активності широкого спектра штамів мікроорганізмів та відібрані найбільш перспективні штам-продуценти етанолу	Відібрані перспективні штам-продуценти етанолу	«-»	«-»
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Виготовлено та досліджено полімерні мембрани, які можуть працювати при температурі до 6000 С та тиску до 10,0 МПа	Полімерні мембрани, що можуть працювати при високих температурах і тиску	Енергетика	Нова енергетика
		Отримано новий нанопоруватий вуглецевий матеріал з унікально високою граничною адсорбційною місткістю щодо поглинання пари бензолу та раціональні ізоціанатакрилатні олігомери з рослинних олій	Нові матеріали для одержання полімерних матеріалів	«-»	«-»
		Синтезовано низку зразків біодизельного палива, для яких визначено основні експлуатаційні характеристики та низку нових поверхнево-активних речовин	Нові зразки біопалива та нові речовини, що є присадками до мастил	«-»	«-»
		Оптимізовано параметри одержання дешевих вуглевмісних високопоруватих адсорбентів із синтетичних смол і фруктових кісточок, досліджено їх експериментальні зразки	Створення гетерогенних каталізаторів синтезу біодизеля	«-»	«-»
	Технології виробництва і використання біопалив	Розроблено технічні вимоги та конструкторську документацію на дослідну установку для одержання рідких біопалив та гомогенізатор-теплогенератор; Розроблено схему лабораторної установки для оцінки	Документація на дослідну установку для одержання рідких біопалив;	«-»	«-»

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
		виходу та складу біогазу при сумісному зброджуванні різних субстратів, основні елементи технології та обладнання для тран-спорту біогазу та принципову кон-струкцію вихрового пальника для одно-часного і роздільного спалювання біогазу та природного газу; Розроблено технологічні схеми виробни-цтва електричної й теплової енергії газо-поршневими двигунами на біогазі	Елементи лабо-раторного ус-таткування для виробництва, транспорту-вання і спалю-вання біогазу; Схеми вироб-ництва тепло-вої і електрич-ної енергії з біогазу		
2008	Джерела отримання біопалив та підви-щення еф-ективності сировини	Отримано сорти 13 культур та проведено їх експертизу як джерел біоетанолу	Пошук нових сортів – дже-рел біоетанолу	Сільсь-ке гос-подар-ство; Енер-гетика	Нова енер-гетика
		Виведено високопродуктивні стрес-стійкі сорти нетрадиційних для України культур для виробництва біодизеля, три з яких зареєстровані у Держкомісії з сортовипро-бування	Три нових сорти культур для виробництва біодизеля	-«-	-«-
		Отримано 8 трансгенних рослин картоплі сорту Лугівська та 39 ліній рослин ріпаку високої продуктивності	Високопродук-тивні рослини	-«-	-«-
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Серед дріжджів Української колекції мі-кроорганізмів виявлені штами – активні зброджувачі вуглеводів (моно- та дисаха-ридів, в тому числі целобіози). Підібрано дріжджові промотори, що індукуються етанолом	Рекомбінантні конструкції і штами для за-стосування при позитивній селекції дріжд-жових надпро-дучентів	Харчо-ва про-мисло-вість	Нестача продо-вольства; Нова енер-гетика
		Синтезовано ряд домішок антифрик-ційного призначення для створення мастил	Мастила на ос-нові ріпакової олії	Проми-сло-вість	6-й техно-логічний уклад
		Вивчено фактори, що впливають на форму-вання структури активних центрів каталіза-торів синтезу біопалива на основі смектито-	Синтез біопа-лива	Енерге-тика	Нова енер-гетика

Додатки

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
		топодібних шаруватих металосилікатів, подвійних змішаних оксидів, цеолітів, а також мезострук-турованого кремнезему			
	Технології виробництва і використання біопалив	Створено пілотну установку одержання біодизеля в безперервному режимі шляхом переетерифікації ріпакової олії етанолом на гетерогенних кислотних та основних каталізаторах	Пілотна установка одержання біодизеля	Енергетика	Нова енергетика
		Визначено реологічні властивості низки паливних сумішей	Властивості паливних сумішей	-«-	-«-
		Проведено дослідження спільного спалювання у потоці деревної тирси з пилоподібним антрацитом підвищеної зольності (24–28 %) як замітника природного газу в топках парогенераторів	Замінник природного газу в топках парогенераторів	-«-	-«-
		Розроблено та побудовано два варіанти експериментальних топкових пристроїв для безперервного спалювання цілих тюків соломи	Топкові пристрої для спалювання тюків соломи	-«-	-«-
		Проаналізовано законодавчі та фінансові інструменти стимулювання розвитку біоенергетики в країнах ЄС та США, розглянуто доцільність її застосування в Україні. Визначено, що найкращі перспективи біопаливного виробництва в Україні можуть бути забезпечені на основі целюлозної сировини та технологій 2-го покоління	Визначення найкращих перспектив біопаливного виробництва в Україні	-«-	-«-
2009	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Створено одну з найбільших в Україні колекцій енергетичних рослин, яка нараховує 352 таксонів (139 – олійних, 71 – цукроносних, 142 – сировинних культур для виробництва біопалива та біогазу)	Колекція енергетичних рослин	Сільське господарство; Енергетика	Нова енергетика
		Сформовано колекцію штамів міководоростей перспективних продуцентів ліпідів і проведено їх молекулярно-генетичний аналіз	Колекція штамів міководоростей продуцентів ліпідів	-«-	-«-

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Ідентифіковано ген цитокініноксидази пальчастого проса, відповідальний за збільшений приріст біомаси, та отримані мутантні гібриди кукурудзи по гену ваху зі зміненим у зерні складом крохмалю для виготовлення біоетанолу	Генномодифіковані мутантні гібриди кукурудзи зі збільшеним вмістом крохмалю	-«-	-«-
	Технології виробництва і використання біопалив	Створено та апробовано модуль пілотної установки для одержання біодизеля на твердих катализаторах у періодичному або безперервному режимах	Модуль пілотної установки для одержання біодизеля	Енергетика	Нова енергетика
		Оптимізовано методи формування нанокластерів каталітичних сполук всередині нанопор активованого антрациту та рекомендовано його для газифікації біомаси у високоефективних мембранних реакторах	Оптимальні методи газифікації біомаси	-«-	-«-
		Розроблено рецептуру та виготовлено дослідну партію біобензинів типу Е 10, Е 80 та Е 85 на основі товарного прямогонного бензину, автомобільного бензину А-76, біоетанолу та технологічних присадок, що відповідають вимогам ДСТУ та ISO	Рецептура та виготовлення дослідної партії біобензинів	-«-	-«-
		Випробувано на тракторному дизельному двигуні оригінальне дизпаливо, синтезоване за технологією етанольної переестерифікації ріпакової олії, у сумішах з традиційним дизпаливом та визначено його енергоекологічні переваги порівняно з нафтовим дизпаливом підвищеної якості (Євро)	Оригінальне дизпаливо, синтезоване з ріпакової олії, у сумішах із традиційним дизпаливом	-«-	-«-
		Розроблено технологічну схему підприємств з виробництва біодизеля потужністю від 8 до 128 тис. т на рік	Схема підприємств із виробництва біодизеля	-«-	-«-
		Створено модифікатори шинних гум на основі гідрозидів рослинних олій	Підвищення динамічних властивостей шинних гум	Промисловість	6-й технологічний уклад
2010	Джерела отримання біопалив	Проведено огляд інтродукційних ресурсів нетрадиційних ярих та озимих високоолійних культур	Огляд нетрадиційних високоолійних культур	Сільське госпо-	Нова енергетика

Додатки

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
	та підвищення ефективності сировини			дарство; Енергетика	
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Створено генофонд та підібрано найперспективніші для виробництва біоетанолу види та форми місканусу і прутоподібного проса	Найперспективніші для виробництва біоетанолу види рослин	-«-	-«-
		Оптимізовано процес ферментації та отримання бутанолу за допомогою масляної кислоти, що істотно збільшило вихід, об'ємну продуктивність і концентрацію бутанолу	Збільшення виходу, об'ємної продуктивності і концентрації бутанолу	Енергетика	Нова енергетика
		Вдосконалено технологію гомогеннокаталітичної переестерифікації ріпакової олії етанолом задля зменшення кількості гліцерину, а також моно- та дигліцеридів у суміші етилових естерів жирних кислот (біодизельному паливі). Одержане паливо перевищує параметри дизельного палива нафтового походження і не потребує спеціальної адаптації паливної системи дизельних двигунів	Одержане паливо може використовуватись на працюючій дизельній техніці у широкому діапазоні співвідношень із нафтовим дизпаливом	-«-	-«-
	Технології виробництва і використання біопалив	Проведено дослідження режиму одержання рідких моторних та енергетичних палив з біокомпонентами рослинного походження. Отримано зразки біопаливних сумішей традиційного моторного та енергетичного палива (дизельне паливо, мазут) з біокомпонентами (рослинні олії, біодизель, біоетанол)	Біопаливні суміші традиційного моторного та енергетичного палива з біокомпонентами	-«-	-«-
		Споруджено лабораторну установку швидкого піролізу для виробництва рідкого палива з біомаси, проведено її налагодження та запуск	Установка для виробництва рідкого палива з біомаси	-«-	-«-
2011	Джерела отримання біопалив	Створено сортозразки міскантусу та проса дрогоподібного як джерела біоетанолу	Нові сорти рослин як джерело біоетанолу	Сільське	Нова енергетика

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
	та підвищення ефективності сировини			господарство; Енергетика	
		Отримано прототрофійні мейотичні сегреганти з підвищеною термотолерантністю, які продукують на 15–20 % етанолу більше, ніж вихідні штами і промислові дріжджі	Нові більш продуктивні штами промислових дріжджів	«-»	«-»
		У результаті проведеного молекулярногенетичного аналізу мікроводоростей визначено 7 найперспективніших штамів мікроводоростей продуцентів біомаси	Перспективні штами мікроводоростей продуцентів біомаси	«-»	«-»
		Встановлено, що олігомери на основі епоксидованої олії та трихлороцтової кислоти є самозатухаючими і можуть бути використані для розробки самозатухаючих покриттів та герметиків	Речовини для розробки самозатухаючих покриттів та герметиків	Промисловість	6-й технологічний уклад
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Запропоновано покращену технологію та налагоджено дослідну установку для одержання біодизельного палива на відновлювальній сировинній базі	Технологія і обладнання для одержання біодизельного палива	Енергетика	Нова енергетика
		Розроблено технічні умови і тимчасовий технологічний регламент до використання присадки Фосфолідін – одного з кращих поліфункціональних додатків до мастильних матеріалів	Технологія використання присадки Фосфолідін до мастильних матеріалів	Промисловість	6-й технологічний уклад
		Визначено теплофізичні параметри процесів обробки при виготовленні рідких біопаливних сумішей на основі дизельного палива, бензину, рослинних олій, біодизелю та етанолу	Параметри виготовлення біопаливних сумішей	Енергетика	Нова енергетика
	Технології виробництва і використання біопалив	Створено лабораторну установку з гідродинамічним кавітатором для виготовлення бензоетанолу. За прогнозною оцінкою, при використанні бензоетанолу для транспортних засобів з іскровим запалюванням та електронним керуванням економія може скласти 15–40 % експлуатаційних витрат	Установка для виготовлення бензоетанолу	«-»	«-»

Додатки

Продовження табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
		Оптимізовано рецептуру і напрацьовано дослідну партію моторного біопалива Е 85, проведено моторні іспити	Дослідна партія моторного біопалива Е 85	-«-	-«-
		Досліджено ефективність сумісного зброджування гнойових відходів з силосом в умовах періодичного непроточного процесу при температурі 35±40 °С. Визначено вихід біогазу та його склад при зброджуванні тестових сумішей з різним співвідношенням органічної речовини	Технологія одержання біогазу при сумісному зброджуванні гнойових відходів з силосом	-«-	-«-
		Удосконалено модель відбору біогазу окремою свердловиною та групою свердловин; розроблено систему збору біогазу, що враховує фізичні умови одного з українських полігонів	Система збору біогазу, що враховує реальні фізичні умови полігону	-«-	-«-
		Виготовлено мобільний експериментальний стенд та проведено експериментальні дослідження обмеженої системи збору біогазу	Дослідження обмеженої системи збору біогазу	-«-	-«-
2012	Джерела отримання біопалив та підвищення ефективності сировини	Впроваджено перспективні культури для виготовлення біодизелю та технології їх вирощування на площі близько 3 тис. га, а також сорти міскантуса та проса дрогопідного для виробництва біопалива в Україні, розташовані на площі близько 180 га	Впровадження перспективних культур для виготовлення біодизелю	Сільське господарство; Енергетика	Нова енергетика
	Хімічні технології отримання біопалив і супутніх продуктів	Розроблено спосіб одержання біомаси мікроводоростей <i>Desmodesmus</i>	Спосіб одержання біомаси мікроводоростей	Енергетика	Нова енергетика
		Створено рекомбінантні штами дріжджів <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , що характеризуються підвищенням ефективності алкогольної ферментації	Нові рекомбінантні штами дріжджів	-«-	-«-
		Розроблено конструкцію та змонтовано лабораторну установку для зброджування твердих харчових відходів з отриманням біопалива. Створено технологічну установку добування біодизельного палива гомогенно-каталітичною переестерифікацією олії	Установки для зброджування твердих харчових відходів та для гомогенно-каталітичної	-«-	-«-

Закінчення табл. Ж.6

1	2	3	4	5	6
	Технології виробництва і використання біопалив	етанолом і вироблено близько 900 кг продукту. Порівняно з дизпаливом, що виробляється в Україні за діючим вітчизняним стандартом ДСТУ 3868-99, синтезовані продукти мають не лише екологічні, а й енергетичні показники	переестерифікації олії етанолом з отриманням біопалива		
		Підготовлено конструкторську документацію на науково-технічну продукцію «Станція приготування біопаливних сумішей» продуктивністю 1000 кг/год. Розроблено конструкторську документацію на новий дисковий-циліндричний диспергатор-гомогенізатор, який є основним робочим вузлом розробленої установки. Створена можливість запуску науково-технічної продукції у серійне виробництво	Впроваджено станцію приготування біопаливних сумішей на ТОВ «Іл-Пром» і ПАТ НВП «Більшовик»	-«-	-«-
		Створено першу в Україні установку швидкого піролізу біомаси і отримано зразки піропалива (біонафти). Розроблено рекомендації для проектування пілотної установки абляційного піролізу біомаси	Впроваджено установку швидкого піролізу біомаси на ДП «Гріненерго»	-«-	-«-
		Оптимізовано рецептуру, вироблено дослідну партію біопалива Е 85 та проведено його моторні випробування. Встановлено, що при роботі двигуна на паливі Е 85 істотно знижується токсичність відпрацьованих газів у порівнянні з бензином. Визначено, що ефективний коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна на всіх режимах при роботі на біоетанольному моторному паливі Е 85 вищий, ніж при роботі на бензині	Нове біопаливо Е 85, що знижує токсичність відпрацьованих газів і підвищує ККД двигуна на всіх режимах роботи	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [254–258]

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Біологічні ресурси і новітні технології біоенергоконверсії» на 2013–2017 рр. за 2013–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2013	Біологічні ресурси та технологічні засади їх первинної переробки	Проведено скринінг 87 штамів зелених водоростей – потенційних продуцентів біодизелю. Визначено перспективність продуцентів бутанолу при використанні альтернативних субстратів та задепоновано найефективніший штампродуцент бутанолу – <i>S. acetobutylicum</i> IFBG С6Н	Визначено найефективніший штампродуцент бутанолу	Сільське господарство; Енергетика	Нова енергетика
	Хімічні аспекти новітніх технологій біоенергоконверсії	Розроблено енерго- та ресурсозаощадливий спосіб двостадійної трансформації тригліцеридів шляхом етанолізу з наступним сульфидуванням етилових естерів вищих жирних кислот. Це дозволяє зменшити температуру та тривалість процесу, виключає виділення сірководню та використання метанолу. Синтезовані продукти мають токсиколого-екологічну безпечність	Створені матеріали підвищують фрикційні характеристики мастил та їх захисні властивості щодо чорних і кольорових металів без застосування інгібіторів корозії	Промисловість	Технологічне відставання; 6-й технологічний уклад
		Розроблено ефективний, стабільний каталізатор $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Cr}_2\text{O}_3$ гідрування етанолгліцеринової суміші в пропіленгліколь. Показано можливість селективного одержання за двореакторною схемою конверсії гліцерину 2,2,4-триметил-1,3-діоксану	Одержання високооктанового компоненту бензинів	Енергетика	Нова енергетика
		Стендовими випробуваннями етилових естерів кислот льняної олії на серійному тракторному двигуні встановлено, що за прийнятних енергоекономічних показників роботи двигуна сумішеві палива (20–60 % об. естерів) переважають дизпаливо нафтового походження як за складом вихлопних газів, так і за повнотою згоряння	Високоєфективні паливні суміші з використанням естерів кислот льняної олії	-«-	-«-

Продовження табл. Ж. 7

1	2	3	4	5	6
	Технічні засади новітніх технологій біоенергоконверсії	Спроектовано та виготовлено пілотну установку для отримання рідкого піропалива шляхом швидкого піролізу біомаси. Проведено першу серію експериментів із швидкого піролізу подрібненої деревної біомаси (тирси) з отриманням біонафти. Створена установка має продуктивність до 4,65 кг/год по переробці сировини з виходом біонафти до 51,3% маси переробленої біомаси	Обладнання для отримання рідкого піропалива (біонафти)	-«-	-«-
		За допомогою удосконаленої та верифікованої теплофізичної моделі розраховано параметри процесів утворення, фільтрації та збору біогазу. Розроблено ескізний проект малокоштовної реконструкції Бортницької станції аерації з метою одночасного спалювання біогазу і природного газу та збільшення надходження біогазу до котельні за рахунок зменшення втрат у метантенках і газгольдерах	Реконструкція діючої станції аерації з одночасним спалюванням біогазу і природного газу	-«-	-«-
2014	Біологічні ресурси та технологічні засади їх первинної переробки	Створено нові генотипи озимих і ярих форм капустяних культур (тифону, суріпиці, рижю, гірчиці)	Генотипи капустяних культур	Сільське господарство; Енергетика	
		Закладено дослідну короткоротаційну плантацію швидкорослих тополь (близько 1200 рослин) та визначено сорти, які перспективні для короткоротаційних плантацій	Перспективні рослини для короткоротаційних плантацій		
	Впроваджено нові сорти енергетичних рослин (сорго цукрове, сорго багаторічне, просо прутноподібне, рижий посівний, суріпиця озима, тифон) та технології їх культивування і викорис тання у різних господарствах України	Нові сорти енергетичних рослин			
	Хімічні аспекти новітніх технологій біоенергоконверсії	Створено лабораторну установку, облаштовану вузлом різкого скиду робочого тиску до атмосферного, що дозволяє дослідити процес вибухового автогідролізу рослинної біомаси в широкому діапазоні температур і тисків	Дослідження процесу вибухового автогідролізу рослинної біомаси	Енергетика	Нова енергетика

Додатки

Продовження табл. Ж. 7

1	2	3	4	5	6
		Визначено вплив складу бензоетанолу на експлуатаційні показники транспортного двигуна. Розроблено метод адаптації двигуна до бензоетанолу	Найбільш ефективна робота двигуна на різних сумішах	Енергетика	Нова енергетика
		Стеновими випробуваннями етилових естерів кислот кукурудзяної олії встановлено, що суміші палива (20– 60 % об. естерів) переважають над дизпаливом нафтового походження як за складом вихлопних газів (вмістом CO, CO ₂ , NOX, CH, димністю), так і повнотою згоряння	Нові суміші палива на основі кукурудзяної олії	Енергетика	Нова енергетика
	Технічні засади новітніх технологій біоенергоконверсії	Модернізовано пілотну установку та проведено серію експериментів з дослідження процесу швидкого піролізу деревної тирси. Відпрацьовано процес отримання піропалива з деревної тирси абляційним піролізом в реакторі з конусним шнеком	Процес отримання піропалива з деревної тирси	-«-	-«-
		Розроблено та споруджено стенд для дослідження горіння біогазу та природного газу, визначено вплив умов взаємного розташування струменів природного газу і біогазу. Розроблено елементи вихрових і подових пальників одночасного спалювання біогазу та природного газу для типових котлів	Пальники одночасного спалювання біогазу та природного газу	-«-	-«-
2015	Біологічні ресурси та технологічні засади їх первинної переробки	Для покращення вихідних показників біодизельної олійної сировини створено нові високоолійні сорти та гібриди з покращеною посухо-, холодо- та морозостійкістю, високою урожайністю надземної маси. Здійснено кластерний аналіз SSR-локусів рижю та розроблено методичні підходи для їх використання як молекулярно-генетичних маркерів для подальшої селекції	Нові високоолійні сорти та гібриди з покращеними характеристиками	Сільське господарство; Енергетика	Нова енергетика
	Хімічні аспекти новітніх технологій біоенергоконверсії	Синтезовано етилові естри гірчичної олії з використанням основного гомогенного каталізатора та проведено стенові випробування їх сумішей з нафтовим дизпаливом на дизельному тракторному двигуні	Нові суміші біодизельного і нафтового дизпалива	Енергетика	Нова енергетика

Закінчення табл. Ж. 7

1	2	3	4	5	6
2015		У лабораторних умовах підбрані оптимальні температурні умови і тиск для вибухового автогідролізу рослинної біомаси: кукурудзяних качанів, прутovidного проса, берести берези пониклої, низовинного і верховинного торфів	Оптимальні температурні умови і тиск для вибухового автогідролізу рослинної біомаси	-«-	-«-
	Технічні засади новітніх технологій біоенергоконверсії	Розроблено технологію виробництва композиційного гранульованого торфпалива, яка дозволяє підвищити калорійність гранул до 25 %, щільність – до 22 % і зменшити енерговитрати на гранулювання. Розроблено режими термічної обробки та композиційний склад суміші торфу і біомаси для отримання торфопалива з теплою згоряння на рівні 4800–5000 ккал/кг. Відпрацьовано процес отримання піропалива з деревної тирси абляційним піролізом у реакторі з конусним шнеком	Технології виробництва композиційного гранульованого торф палива підвищеної калорійності і щільності	Енергетика	Нова енергетика
		Розроблено автоматизований пристрій точного визначення складу бензоетанолу, який дозволяє підвищити ефективність використання біопалив на автомобільному транспорті, поширити діапазон біонафтових сумішей для живлення двигунів і знизити рівень шкідливих викидів з відпрацьованими газами	Підвищення ефективності використання біопалив на автомобільному транспорті і зниження рівня шкідливих викидів	-«-	-«-
		Розроблені технічні проекти зі встановлення двох подових пальників у котел Бортницької станції аерації та розроблено робочий проект реконструкції наявних пальників	Встановлення нових і реконструкція наявних пальників	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [259–261]

Додаток 3

Розробка нанотехнологій, наноматеріалів і нових матеріалів в Україні

Таблиця 3.1

Вихід на стадію комерційного застосування наноматеріалів

Тип наноматеріалу	Сектор світового ринку нанопродуктів	Найменування наноматеріалу	Роки							
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Тонкі плівки і покриття нанорівня	Медицина та біотехнології	Покриття, що захищають від впливу магнітних полів при проведенні МРТ (NAR-покриття) – наноматеріали із заліза і кераміки для покриття медичного обладнання (стіжки для судів та інше)	➤	▪	✓					
		Наноструктурні плівки фосфату кальцію і гідрок-сіпатит, біосумісні покриття для медичних приладів та імплантатів	▪	✓						
	Енергетика	Органічні світлодіоди – OLED нового покоління	▪		✓					
		Вуглецеві нанотрубки для прозорих електродів, ЖК-дисплеїв, сонячних елементів	▪		✓					
Тверді наночастинки	Медицина та біотехнології	Аптамери для молекулярних біопрепаратів при формуванні зображення у приладах позитронно-емісійної томографії	➤		▪	✓				
		Ліпіді, полімери, дендрити (полімерні частинки дендритів) для засобів точкової доставки лікарських засобів до місця дії	+	➤		▪	✓			
	Енергетика	Титанат літію у літій-іонних багаторазових батареях	▪	✓						
Квантові точки для лазерних діодів при випромінненні світла будь-якої довжини			➤			▪		✓		
Електроніка і ІКТ	Електроніка і ІКТ	Квантові точки, рідкоземельні наноліонофори (білі світлодіоди) для світлодіодів як альтернативи ламп накаливання	+	➤		▪	✓			
		Рідкоземельні наноліонофори (FED / SED) для плазкопанельних дисплеїв Наночастинки металів для компактних оптичних схем плазмоніки	➤	➤			▪	✓	▪	

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поліночас- тинки	Обробна проми- словість та інші застосування	Лантан, що попереджає зростання водорості	■	✓					
		Вуглецеві нанотрубки, фулерени, наноканули для пристроїв точкової доставки лікарських засобів	+	▲		■	✓		
	Медицина та біотехнології	«Нанороги» для створення паливних елементів (батарей) портативної електроніки	▲			■	✓		
		Вуглецеві нанотрубки, фулерени для мобільних сховищ водню	▲			■	✓		
	Енергетика	Вуглецеві нанотрубки, наноканули для пристроїв на основі польової емісії (освітлювальна апаратура)	■			✓			
		Вуглецеві нанотрубки, наноканули для пристроїв на основі польової емісії (рентгенівські апарати, пласкопанельні дисплеї)	■	✓					
		Вуглецеві нанотрубки для пристроїв універсальної комп'ютерної пам'яті	▲			✓			
		Вуглецеві нанотрубки для напівпровідників і чипів, що збільшують такто- ву частоту	+		▲		■		✓
	Електроніка і ІКТ	Вуглецеві нанотрубки для напівпровідників	+		▲			■	✓
		Вуглецеві нанотрубки для високочутливих датчиків присутності газів і хімікатів	+		▲		■		
Обробна про- мисловість та інше	Наноструктурований титан для створення імплантатів з покращеною біо- сумісністю	■			✓				
	Вуглецеві аерогелі для створення повітряних конденсаторів або для ви- далення домішок і шкідливих бактерій з води	▲				■	✓		

Закінчення табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Нанокомпозити	Медицина та біотехнології	Колатенове волокно/фосфат калію (гідроксипатит) для заміників кісної та зв'язувальної тканини	+	➤			▪	✓		
		Селенід кадмію, квантові точки InAs / GaAs, фулерени для сонячних елементів	➤	▪		✓				
	Енергетика	Полімер / неорганічні наночастинки (мембрани PEMFC і DEMC) для паливних елементів	▪	✓						
		Матриця органічного полімеру / діоксид кремнію або титану для підсумовуюче-розгалужуючих фільтрів	➤	▪	✓					
	Електроніка і ІКТ	Квантові точки (сульфід свинцю, селеніт свинцю) для оптичних перемикачів	+	➤				▪	✓	
		Діоксид кремнію, що легований ербієм / кремній для оптоволоконних підсилювачів	➤	▪	✓					
		Ніобат літію, танталат літію для оптичних модуляторів при передачі сигналів оптоволоконними кабелями	+	➤			▪		✓	
		Кобальт / карбід вольфраму, для ріжучих інструментів і виробництва підшипників	+	➤			▪	✓		
		Хлопок / монтморилоніт для вогнезахисного спецодягу	▪	✓						

+ – фундаментальні дослідження і розробки;

➤ – прикладні дослідження і розробка технології;

▪ – дослідні зразки та їх застосування;

✓ – початок комерційного виробництва і вихід продукції на ринок.

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 355–357; 293, с. 73–81]

Таблиця 3.2

Сьогодення й майбутнє у застосуванні наночастинок

Галузь застосування	У розробці	На ринку	Добре вивчено
1	2	3	4
Медицина, охорона здоров'я	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Нанокристалічні ліки для розсмоктування; ▪ інсулін, що вдихається; ▪ наносфери для ліків, що вдихаються; ▪ стимулятори росту кісток; ▪ використання квантових точок для виявлення вірусів; ▪ протиракове лікування; ▪ покриття для імплантатів (гідроксіапатит) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Креми й лосьйони від за-смаги, що використовують Zn і Ti₂; ▪ молекулярне маркування: квантові точки, CdSe; ▪ засоби доставки ліків з ма-лою розчинністю у воді 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Фунгіцид на основі Zn; ▪ Au для біомаркування й виявлення; ▪ агенти контрастного відображення маг-нітного резонансу, що використовують надпарамагнетичний оксид заліза
Виробництво продуктів харчування	Контрольована доставка гербіцидів і пестицидів	—	Добавки в ґрунт на осно-ві заліза
Енергетика	Нікелеві й металеві гідриди для батарей	Екологічно чисті каталізато-ри, двоокис церію в дизель-них двигунах	Каталізатори для двигу-нів внутрішнього зго-рання
Охорона навколиш-нього серед-овища	—	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Алюмінієві волокна для очищення води; ▪ самоочисне скло з вико-ристанням нанопокриттів на основі Ti₂; ▪ фотокаталіз для очищен-ня води на основі Ti₂O; ▪ невідбиваючі покриття 	
Матеріали і проекту-вання	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Матеріали для створення покриттів: WC, Ta Ti, Co; ▪ свічі запалювання на основі нанометалів і керамічних порошоків; ▪ нанопористі кварцеві аерогелеві високоефективні діелектрики; ▪ хімічні датчики; ▪ ультрафільтри 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Зносостійкі покриття на основі Al, Y-Zr₂O₃; ▪ укріплені наноглиною полімерні композити; ▪ змашуючі гідравлічні до-бавки: CuMo₂; ▪ пігменти; ▪ поліпшені покриття, стійкі до подряпин; ▪ самоочисне скло на осно-ві Ti₂; ▪ компоненти ракетного палива на основі Al 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Структурні поліпшен-ня полімерів і компо-зитів; ▪ термічні спресві по-криття, основані на Ti₂, Ti-Co та ін.; ▪ чорнила на металевих порошках: такі, що проводять струм, магнетичні та ін.

Закінчення табл. 3.2

1	2	3	4
Електроніка	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Магнітні наночастинки для створення запам'ятовуючих пристроїв високої щільності зберігання інформації; ▪ захист від електромагнітних перешкод з використанням провідних і магнітних матеріалів; ▪ електронні схеми на основі Cu, Al; ▪ технології відображення з використанням пристроїв автоелектронної емісії на основі провідних оксидів 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Феррорідини на основі магнітних матеріалів; ▪ оптико-електронні пристрої: комутатори на основі кераміки, легованої рідкоземельними елементами; ▪ провідні покриття й тканини на основі кераміки, легованої рідкоземельними елементами 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Керуючі мікропроцесори на основі алюмінію й двоокису церію; ▪ покриття й супутні матеріали для волокон на основі Si
Товари широкого вжитку		Пристрої для боротьби з підробками	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Пакування з використанням силікатів; ▪ змащення для лиж; ▪ білизна; ▪ скляні покриття для протизасліплюючих і незапітнюючих дзеркал на основі Ti₂; ▪ спортивні товари: тенісні м'ячі й ракетки на основі наноглини; ▪ кахель, покритий алюмінієм, тощо; ▪ керамічна сантехніка

Джерело: сформовано автором на основі [175, с. 54–56]

Таблиця 3.3

Можливі застосування наноструктур у різних сферах діяльності

Вироби	Характерні властивості й галузь застосування
Наносенсори	Для реєстрації різних фізичних і хімічних впливів
Нові високоміцні конструкційні матеріали на основі нанотрубок (фулереновий, нановолокон) як основного несучого компонента або наповнювача в композиційних матеріалах	Конструкційні матеріали з рекордними значеннями міцності на стискання, розтягання й вигин (від 10 до 100 ГПа), що в десятки разів вище, ніж у високоміцних сталей при щільності в 6 разів менше. Зміцнення наночастинками автомобільних покришок, полімерів, лакофарбових покриттів, скла, бетону
Ультратверді покриття (на рівні твердості сапфіру й вище)	Інструмент, пари, що труться, зносостійкі матеріали
Маслильні складові й присадки до масел	Для роботи в екстремальних умовах і підвищення службових характеристик пар, що труться
Контейнери водневого палива	Елементи хімічних джерел струму, зокрема літєвих батарей
Контрастуюча речовина	Для магнітно-резонансної томографії на основі парамагнітних атомів, розташованих у фулереновому каркасі. Вони менш токсичні, ніж звичайно застосовувані хелатні комплекси, і дозволяють отримувати більш чіткі зображення
Зонди	Для скануючої мікроскопії, атомних маніпуляторів, наномеханічних накопичувачів інформації
Нанопровідники, нанорезистори, нанотранзистори, нанооптичні елементи	Нанооптоелектроніка нового покоління
Захисні екрани	Захист від електромагнітного випромінювання, високих температур, технологій «стелс» (невидимі для радарів поверхні)
Наноконтейнери	Для доставки й індивідуального дозування ліків, діагностичних засобів
Вістря	Для створення великогабаритних пласкопанельних дисплеїв високої чіткості і яскравості
Надміцні канати	Для запуску й утримання супутників на геостаціонарній орбіті

Джерело: сформовано автором на основі [232, с. 276–277]

Таблиця 3.4

Найбільш значущі результати виконання Державної цільової науково-технічної програми
«Нанотехнології та наноматеріали» за 2012–2014 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2012	Наноматеріали	Розроблено технології виготовлення нанопорошків на базі ZrO_2 та підготовлено бізнес-план будівництва підприємства з виробництва таких нанопорошків і керамічних виробів з них. Матеріали на основі нанопорошків на базі оксиду цирконію мають термін експлуатації в 30–50 разів більший порівняно з металевими аналогами	Матеріали будуть використовуватися в піскострумінних апаратах, протезах суглобів, паливних елементах	Будівництво; Медицина; Енергетика	Технологічне відставання (6 уклад); Медицина
		Отримано нові нанорозмірні матеріали на основі кремнію та літійзалізофосфату	Використання в літій-іонних акумуляторах з максимально високими електрохімічними параметрами	Енергетика	Нова енергетика
		Виготовлено нанокерамічні матеріали на основі нітриду кремнію з низьким коефіцієнтом тертя, що збільшує ресурс роботи механізмів у 2–3 рази. Такі матеріали можна експлуатувати за високих температур та в агресивних середовищах	Використання в авіадвигунах і турбінах	Авіакосмічний комплекс	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нанотехнології	Розроблено дослідну технологію отримання наноструктурованих титанових сплавів	Виробництво лопаток турбін авіадвигунів	-«-	-«-
		Розроблено технології одержання промислових наноструктурованих покриттів цинк-силікатних покриттів	Протикорозійний захист металопрокату	Машинобудування	-«-
	Нанобіотехнології	Виготовлено імуннонанокоп'ювати для високочутливого виявлення в плазмі крові біомаркерів	Виявлення ранніх стадій нейродегенеративних і онкологічних захворювань	Медицина	Депопуляція і старіння населення
Удосконалено технології одержання різних видів наноструктурованої біоактивної кераміки		Дослідно-промислове виготовлення імплантатів для відновлення	Медицина	Депопуляція і старіння населення	

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
			кісткової тканини і адресної доставки ліків		
2013	Наноматеріали	На основі квантово-механічних розрахунків досліджено теорію явища магнітного впорядкування в розбавлених магнітних напівпровідниках	Застосування при розробці базових матеріалів спінтроники	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		Отримано тестові структури з використанням керованих локальних електрохімічних реакцій окислення та масопереносу на поверхні напівпровідникових матеріалів	Використання в якості елементів енергонезалежної пам'яті нового покоління	-«-	-«-
		Розроблено нанокompозити із структурою ядро-оболонка на основі графену, LiFePO_4 та електропровідного полімеру. Ці нанокompозити демонструють більш високі експлуатаційні характеристики в акумуляторах, ніж існуючі	Використання в якості катоду в літійових акумуляторах	Енергетика	Нова енергетика
		Одержано нанокompозити й наногетероструктури на основі графену, оксидів Ti, Mn, W і селеніду кадмію для фотоелектрохімічних систем	Електроди систем перетворення сонячної енергії	-«-	-«-
		Встановлено можливість застосування нанокompозиційних полімерних матеріалів як оптичних клеїв для з'єднання конструкційних елементів при виготовленні оптико-електронних пристроїв	Використання при виготовленні оптико-електронних пристроїв	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нанотехнології	Розроблено водну і безводну технології вирощування нанокристалів благородних металів, що є важливим для розробки фізичних принципів керованого формування двовимірних наноструктур на основі органічних молекул та металічних наночастинок	Технологія одержання нових наноматеріалів	Нові матеріали	-«-
		Розроблено технологічну схему виготовлення малагабаритного чипа сенсора температури на основі наноструктурованих шарів високоомного карбїду кремнію на сапфірі	Створення високо надійних приладів контролю температури техпроцесів	Сенсори	-«-
		Підготовлено ескїзну конструкторську документацію для побудови субгармонійних	Новітні системи радіолокації,	Електроніка, ІКТ	-«-

Додатки

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
		змішувачів на діодних бар'єрах Шоткі та виготовлено експериментальні зразки таких змішувачів для робочого діапазону частот 325–400 ГГц	радіонавігації, радіобачення, експериментального і наукового приладобудування		
		Розроблено і атестовано Державним підприємством «Укрметрестандарт» методику вимірювання товщинного розподілу елементного складу та товщини багатшарових твердотільних покриттів нанометрових розмірів методом маспектрометрії вторинних нейтральних часток	Діагностика наноматеріалів, наноструктур та аморфних сплавів	Нові матеріали	«-»
		Розроблено дослідно-промислові технології отримання нанопорошків титанату барію, нітридів бору і титану, карбонітриду титану та запроектовано ділянку дослідно-промислового виробництва порошків	Створення деталей до приладів пасивної електроніки	Електроніка, ІКТ	«-»
	Нанобіотехнології	Підготовлено проект типового регламенту виробництва біоактивних порошків гідроксипатиту і трикальцій-фосфату з адсорбованими ліками	Адсорбовані ліки для клінічного застосування	Медицина	Депопуляція і старіння населення
2014	Наноматеріали	Досягнуто багаторазове підвищення механічних характеристик, покращення корозійної стійкості, зносостійкості та біосумісності чистого нанокристалічного титану	Покращені характеристики нанокристалічного титану	Нові матеріали	Технологічне відставання, б уклад
	Нанотехнології	Створено технологію формування резонансно-тунельних структур на кремнієвих нанопровідниках та нановіскерах	Виготовлення датчиків прискорення для надчутливих акселерометрів	Електроніка, ІКТ	«-»
		Розроблено технологію виготовлення структурованих нанофазних каталізаторів на основі оксидів металів для комплексної очистки газових викидів від токсичних домішок, окислення водневого палива в каталітичних генераторах тепла	Очистка газових викидів, одержання водневого палива (синтез-газу)	Енергетика, екологія	Нова енергетика
	Нанобіотехнології	Синтезовано наноструктуровані вуглецеві матеріали, які можуть застосовуватися в пристроях для зберігання енергії (конден-	Використання у пристроях для зберігання	«-»	«-»

Закінчення табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
		сатори подвійного шару, аноди літій-іонних акумуляторів), а також для охорони довкілля (адсорбенти метану, концентратори малих кількостей речовин тощо)	енергії, для охорони довкілля		

Джерело: сформовано автором на основі [256–260]

Таблиця 3.5

**Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми
«Фундаментальні проблеми наноструктурних систем, наноматеріалів, нанотехнологій»
за 2010–2014 рр.**

Рік	Напрями програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2010	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Встановлено можливість здійснення за допомогою позитронів неруйнівного контролю якості великих партій вуглецевих нанотрубок та діагностики їх дефектів як в розташуваних шарів, так і в графенових шарах	Неруйнівний контроль та діагностика дефектів нанотрубок	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		За результатами експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання методом молекулярної динаміки визначено закономірності впливу розмірів на міцність нанокристалу вуглецю, нанозразків із цирконієвого об'ємного скла та металевих нанокристалів	Вивчення властивостей нанокристалів	Електроніка, ІКТ	-«-
	Хімія наноматеріалів та наноструктур	Відпрацьовано методики одержання колоїдів графеноксиду у водних розчинах та їх стабілізації анонімними поверхнево-активними речовинами	Нові матеріали – графеноксиди	Електроніка, ІКТ	-«-
	Технології наноматеріалів	Показано можливість отримання наноструктури в промислових сплавах титану шляхом деформації	Нові властивості сплавів титану для технологій підвищення стійкості до циклічних навантажень	Наномеханіка	-«-

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
	Біонаносистеми	Проведено дослідження впливу частинок феромагнетика на структурно-функціональні і токсикологічні характеристики пухлинних клітин. Показано, що прояв генотоксичної дії наночастинок металів залежить від їх природи та розміру. Експериментально підтверджено, що наночастинок золота розміром 30 нм є найбільш біосумісними та біобезпечними як засоби цільової доставки препаратів	Наночастинок металів, перспективні як засоби цільової доставки препаратів	Медицина	Депопуляція і старіння населення
2011	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Дані відсутні	–	–	–
	Хімія наноматеріалів та наноструктур	Дані відсутні	–	–	–
	Технології наноматеріалів	Розроблено спосіб одержання нанокompозиту алмаз-карбід вольфраму з добавками наночастинок шляхом спікання в умовах високого тиску та температури	Нанокompозит з високими твердістю і тріщиностійкістю	Нові матеріали	Технологічне відставання (6 уклад)
	Біонаносистеми	При дослідженні пухлинних клітин з асцитною карциномою Ерліха встановлено, що присутність наночастинок – вуглецевих нанотрубок викликала сповільнення процесів пухлинного росту	Основа для створення протипухлинних ліків, що сприяють посиленню апоптозу	Медицина, фармацевтика	Депопуляція і старіння населення
	Біонаносистеми	Одержано функціональні флуоресцентні композити, які в ядрі наночастинок містять флуоресцеїн, а на поверхні – реакційну функціональну оболонку. Показано, що використання флуоресценмічених носіїв для доставки ліків здатне вирішити кілька принципово важливих проблем для фармакології і терапії	Більш ефективна доставка ліків до клітин-мішеней. Візуалізація проникнення нанокompозитів у клітину за допомогою флуоресцентної мітки	–«–	–«–

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
2012	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Вироблено наукові рекомендації для покращення технологій отримання: <ul style="list-style-type: none"> ▪ наногранульованих магнітних плівок ▪ високоєфективних швидкодіючих нелінійних матеріалів на основі металічних наноструктур; ▪ вуглецевих нанотрубок; ▪ оксидних наноплівки 	Використання у спінтроніці, пристроях керування світловими потоками, газових сенсорах, промислового каталізі та захисті металів від корозії	Електроніка, ІКТ, машинобудування	Технологічне відставання (6 уклад)
		Створено оригінальний кремнієвий польовий транзистор для виявлення терагерцового/субміліметрового випромінювання. На його основі спроектовані посилювач та приймач	Застосовування в пристроях нічного бачення, дефектоскопії, в акустично-оптичних терагерцових перетворювачах	Електроніка, ІКТ, машинобудування	-«-
	Хімія наноматеріалів та наноструктур	Досліджено структуру і механічні властивості нанорозмірних та ультра-дисперсних шарів тертя на поверхні вуглецевих сталей, що дало змогу з'ясувати вплив мастильно-охолоджуючих рідин на формування таких шарів. Винайдено ефективний механо-хімічний метод одержання оксиду графену з різним ступенем окиснення без застосування агресивних середовищ	Нанопокриття для поверхонь тертя	Наномеханіка, нові матеріали	-«-
		Розроблено термохімічну технологію гідрофобізації волокнистих матеріалів що зменшує їх водопоглинання, підвищує мікробіологічну стійкість і вогнетривкість, забезпечує стабільне підвищення теплоізоляційних характеристик на 50 % за умов високої вологості та перепадів температури	Використання в будівництві, житлово-комунальному господарстві, на теплотрасах і трубопроводах, у холодильному обладнанні	Нові матеріали	-«-
Технології наноматеріалів	Розроблено технологію зварювання жароміцних сплавів та інтерметалідних матеріалів на нікелевій і титановій основах і використанням наносхаруватих покриттів та фольги	Дає можливість істотно підвищувати якість та надійність деталей газотурбінних агрегатів нового покоління	Авіакосмічний комплекс	-«-	

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
		Розроблено спосіб одержання спечених об'ємних композитів Si-W з невеликим вмістом W, які мають підвищену електропровідність, твердість, міцність та пластичність	Можливість широкого використання як багатофункціональних матеріалів	Нові матеріали	-«-
	Біонаносистеми	Розроблено технологію синтезу сферичних наночастинок заліза розміром до 40 нм, модифікованих аскорбіновою кислотою, перспективних у створенні вискоєфективного протианемійного препарату нового покоління	Профілактика і лікування залізодефіцитної анемії та анемії хронічних захворювань	Медицина, фармацевтика	Депопуляція і старіння населення
		Синтезовано каліксарени, які слугують перспективними молекулярними платформами для створення ліків нового покоління	Антитромботичні препарати і засоби лікування порушень скорочувальної функції гладеньких м'язів	-«-	-«-
		Синтезовано та досліджено низку нанобіоматеріалів, які застосовуються у медицині, сільському господарстві та харчовій промисловості	Новий клас антитромботичних і протимікробних препаратів; біокерамічних імплантантів; носіїв фармпрепаратів цільового призначення; нових діагностичних і сенсорних тест-систем	Медицина, фармацевтика, біотехнології	-«-
2013	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Вперше виготовлено ефективний органічний фоторанзистор на основі напівпровідникових фулеренів (C ₆₀), що характеризується високою чутливістю	Створено базис для реалізації високоєфективних органічних фотодетекторів і елементів оптичної пам'яті	Електроніка, ІКТ

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
2013		Виявлено ефект оптичного обмеження інтенсивності при взаємодії наносекундних лазерних імпульсів з тонкими наноструктурованими плівками карбіду кремнію різних політипів	Створення оптичних перемикачів і обмежувачів, для умов високих і низьких температур, хімічно агресивної атмосфери та значних радіаційних навантажень	Електроніка, ІКТ	-«-
		Вивчено лазерно-індуковані процеси перемагнічення і зміни провідності феромагнітних тунельних наноструктур під впливом надкоротких імпульсів поляризованого лазерного випромінювання	Вказані структури можуть бути елементами лазерно-керованого спіноляризованого струму	Електроніка, ІКТ	-«-
	Хімія наноматеріалів та наноструктур	Розроблено технології отримання нанорозмірних напівпровідникових структур на основі твердих розчинів PbTe–SnTe із заданими термоелектричними властивостями (оптимальною термоелектричною добротністю)	Наноструктури із заданими товщиною, розміром і густиною	Електроніка, ІКТ	-«-
	Технології наноматеріалів	Методом скручування крупнозернистого титану під тиском при температурах 300 та 77 К отримано його нові наноструктурні стани, які мають високу міцність та пластичність	Застосування такого титану для створення нових конструкційних матеріалів	Нові матеріали	-«-
		Досліджено вплив нанорозмірних оксидних частинок на механічні властивості міді у середовищі водню під високим тиском	Дисперсно-зміцнена мідь, що нечутлива до водневого окрищення і має високу стійкість до радіаційного розпухання	Енергетика	-«-
		Синтезовано та досліджено нові Gd–B-вмісні наноккомпозити на основі нанорозмірного магнетиту, розроблено методу їх модифікування імуноглобуліном. Запропоновано методи формування функціонального шару аміно-бісфосфонату на поверхні модифікованого магнетиту для подальшої функціоналізації комплексами з хелатованим Gd3+	Використання вказаних наноккомпозитів у нейтронозахватній терапії онкозахворювань та комплексної МРТ-діагностики в медицині	Медицина	Депуляція і старіння населення

Додатки

Продовження табл. 3. 5

1	2	3	4	5	6
	Біонано-системи	В дослідженнях in vivo на моделі залізо-дефіцитної дієти вивчено ефективність синтезованих біобезпечних наночастинок заліза 40 нм як потенційної фармацевтичної субстанції з більш вираженими протианемійними властивостями. Розроблено метод синтезу таргетних, функціоналізованих фолатами та модифікованих полісахаридами наночастинок платини та досліджено їх вплив на пухлинні клітини різного онкогенезу	Фармацевтична субстанція з більш вираженими протианемійними властивостями. Наночастинки з селективною токсичною дією на ракові клітини	Медицина	-«-
		Досліджено вплив наноматеріалів різної природи (фулерени, нанотрубки, наночастинки золота, магнітна рідина) на фенотипові та цитогенетичні особливості нормальних і пухлинних клітин	Стимулювання проліферативних ефектів у клітинах мезенхімального походження	-«-	-«-
		Запропоновано нові конструкції магнітних систем для створення магнітних сил, що діють на наночастинок в заданому об'ємі біологічного об'єкта. Показано можливість переважного концентрування наночастинок в різних частинах об'єкта за допомогою змінних полюсних наконечників	Дослідний зразок магнітної системи зі змінними полюсними наконечниками для можливої адресної доставки ліків	-«-	-«-
2014	Фізика та діагностика нанорозмірних систем	Розвинуто фізичні принципи та створено технологію одержання регулярних ґраток на поверхнях тугоплавких металів та наноструктур в об'ємі діелектриків під впливом опромінення фемто-секундними лазерними імпульсами	Вказані ґратки можуть застосовуватися в телекомунікаційних пристроях, мікрооптиці, плазмосенсоріці	Електроніка, ІКТ	-«-
		Методом скручування крупнозернистого титану під тиском при температурах 300 та 77 К отримано нові наноструктурні стани, які мають високу міцність і пластичність	Матеріал для реакторобудування аерокосмічної, криогенної техніки, медицини	-«-	-«-
	Хімія наноматеріалів та наноструктур	Розроблено рідинну технологію отримання високовпорядкованих моношарових органічних плівок з латеральною провідністю. Виявлено ефект перемикування електронної структури молекул	Технологія з використанням у керуванні молекулярно-електронних пристроях	-«-	-«-

Закінчення табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
		в моношарах діарілетену під дією електроструму			
	Технології наноматеріалів	Розроблено технологію зварювання жароміцних сплавів й інтерметалідних матеріалів на нікелевій і титановій основах з використанням композиційних нанощаруватих покриттів та фольги	Підвищення якості і надійності деталей газотурбінних агрегатів нового покоління	Авіа-космічний комплекс	Технологічне відставання (6 уклад)
	Технології наноматеріалів	Розроблено технології отримання та нанесення покриттів на основі нітридів титану, молібдену, цирконію у наноструктурованому стані з надвисокою твердістю і зносостійкістю	Підвищення експлуатаційних характеристик титанових лопаток потужних парових турбін на АЕС	Енергетика	-«-
	Біонаносистеми	Синтезовано каліксарени як перспективні молекулярні платформи для створення ліків нового покоління для лікування порушень скорочувальної функції гладких м'язів	Лікування гладеньких м'язів, а також синтез антитромботичних ліків		Депопуляція і старіння населення
	Біонаносистеми	Для формування наповнених наночастинками срібла наноструктурованих гібридних матеріалів з високими бактерицидними і фунгіцидними властивостями розроблено методи синтезу, в яких використовують природні матриці клітин лактобактерій	Матеріали з високими бактерицидними і фунгіцидними властивостями	Медицина і фармація	Депопуляція і старіння населення

Джерело: сформовано автором на основі [256–260]

Таблиця 3.6

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми «Фундаментальні проблеми створення нових наноматеріалів і нанотехнологій» на 2015–2019 рр. за 2015 р.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2015	Нано-матеріали та наноструктури	Розроблено прецизійний сплав $Al_{85-71}(Ni, Co)_{8-20}(Cd, Y)_{3-4}(Ga/B)_{0-2}$ з підвищеними твердістю і міцністю, а також специфічною структурою розплаву	Високоєфективні електротехнічні пристрої для приладобудування та енергетики	Енергетика, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Одержано нанокompозити на основі поліаніліну та наноструктурованого графіту (PANI/nG) високої питомої ємності, а також низку нанорозмірних гібридних метал-органічних перовскитів (R-NH ₃ Hal)	Електроди суперконденсаторів, фотовольтаїчні комірки, світловипромінювальні діоди	—«—	—«—
		Розроблено нові наноструктурні консолідовані матеріали на основі нанокристалічних твердих розчинів $(Fe_{1-x}Zn_x)Fe_2O_4$, нанокompозитів типу вуглецеві нанотрубки/магнетит, нанокompозитів $CuI-Fe_3O_4$, нанорозмірного фериту цинку	Поглиняльні покриття радіо- та інфрачервоного діапазонів електромагнітного випромінювання та поглиначів нейтронного випромінювання	Нові наноструктурні консолідовані матеріали	—«—
Технології наноматеріалів	Запропоновано електронно-променеву технологію вирощування шарів феромагнітних нанокompозитів Co/Al_2O_3 на полікорових підкладках у магнітному полі, в яких наночастинки кобальту розподілені в діелектричній матриці Al_2O_3	Використання феромагнітних нанокompозитів як сенсорів магніто-резистентних датчиків	Електроніка	—«—	
	Синтезовано каліксарени, які є перспективними молекулярними платформами для створення ліків нового покоління для лікування патологій, пов'язаних з порушенням внутрішньоклітинного іонного гомеостазу	Лікування гіпертензії, діабету, ішемії, гіпоксії, нейропатій, слабкості полової діяльності	Медицина і фармація	Депопуляція і старіння населення	
Біонаносистеми	На основі мулових біогелів та акрилових гідрогелів з іммобілізованими біоелементами розроблено нанокompозити для живлення рослин. Встановлено можливість трансформації мінералів у процесі	Нанокompозити для живлення рослин з метою створення штучних і підвищення родючості	Сільське господарство, біотехнології	Нестача продовольства	

Закінчення табл. 3.6

1	2	3	4	5	6
		їх формування та кондиціювання. За структурно-механічними та фізико-хімічними параметрами розроблені нано-композити перевищують родючі землі	бідних та виснажених ґрунтів		

Джерело: сформовано автором на основі [261]

Таблиця 3.7

Найбільш значущі результати виконання цільової комплексної програми фундаментальних досліджень НАН України «Фундаментальні проблеми створення нових речовин і матеріалів хімічного виробництва» за 2012–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2012	Нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі	Оптимізовано методику синтезу більш ніж 20 похідних імідазол-4,5-дикарбонової кислоти з інтенсивною флуоресценцією (400–430 нм) і високим квантовим виходом. Розроблено способи нанесення багатoshарових електролюмінісцентних наногетероструктур CdSeZnS на гнучкий прозорий електрод та виготовлено діючі зразки світлодіодів	Синтез речовини з інтенсивною флуоресценцією і високим квантовим виходом	Енергозбереження	Нестача та вичерпання ресурсів
		Запропоновано нові хімічні та електрохімічні способи одержання ряду наноматеріалів і наносистем для сучасних надшвидких фотонно-плазмонних і поліграфічних систем реєстрації та перетворення інформації, оптичних сенсорів, високоєфективних каталізаторів для окислення метану і електрокаталізаторів, що не містять благородних металів	Наноматеріали і наносистеми для сучасної мікроелектронної техніки	Усі галузі, електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нові неорганічні матеріали для сучасної техніки	Розроблено новий кінетичний метод визначення протиокисної стабільності органічних субстратів та антиоксидантних властивостей координаційних сполук. Створено нові перспективні сорбенти для агропромислового комплексу і водоочищення	Нові перспективні сорбенти для агропромислового комплексу і водоочищення	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
	Нові полімерні матеріали різного функціонального призначення	Розроблено підходи до створення нового покоління промислово важливих гранульованих органо-неорганічних іонообмінних матеріалів, які поєднують термостабільність, стійкість до забруднення органічними речовинами і бактеріями	Створення матеріалів, що поєднують термостабільність, стійкість до забруднення органікою	-«-	-«-
	Нові речовини і матеріали для потреб медицини і агропромислового комплексу	Створено нові пінополіуретани та повномірні поліуретани різного функціонального призначення, здатні до руйнування під дією природного середовища	Поліуретани, що руйнуються у природному середовищі	-«-	-«-
		Розроблено методики колоїдно-хімічного синтезу у водному середовищі дисперсій наночастинок золота, срібла, міді та вісмуту різного розміру, які є протимікробними агентами, та одержано нові фторвмісні синтетичні аналоги природних нуклеозидів – протівірусні агенти	Одержання дисперсій наночастинок золота, срібла, міді та вісмуту як проти мікробних агентів	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Опрацьовано підходи до одержання нових вискоєфективних регуляторів та інгібіторів кіназ на основі похідних піразололізохіноліну, які є новим класом малотоксичних протиракових сполук	Одержання нового класу малотоксичних протиракових сполук	-«-	-«-
		Розвинуто підходи до створення магнітних рідин на основі слабкоагломерованих наночастинок – потенційно перспективних індукторів гіперемії глибоко розташованих пухлин	Нанорідини, перспективні для лікування пухлин	-«-	-«-
2013	Нові органічні речовини і матеріали та композиції на їх основі	Одержано нові нанокompозити на основі V_2O_5 , Fe_3O_4 та графенів, які мають покращені електрохімічні характеристики при використанні їх як активних компонентів електродних мас літєвих акумуляторів. Вміст 2 % графенів у нанокompозитах є достатнім для значного підвищення електропровідності цих наноматеріалів та збільшення їх питомої розрядної ємності	Нові нанокompозити з підвищеними електропровідністю та питомою розрядною ємністю	Усі галузі, електроніка, енергетика	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нові неорганічні	Синтезовано низку перспективних комплексів лантанодів з похідними імідазолу	Компоненти для люмініс-	Енергетика	Нова енергетика

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6
	матеріали для сучасної техніки	для нових ефективних люмінесцентних і електролюмінесцентних матеріалів, що відрізняються високими виходами в видимій зоні	центних і електролюмінесцентних матеріалів		
		Методом низькотемпературної іонної імплантації на поверхню нержавіючої сталі одержано низку наноструктурованих каталізаторів, що мають високу каталітичну активність при розкладі етанолу з утворенням чистого водню при нижчих за традиційні температурах	Наноструктуровані каталізатори з високою каталітичною активністю одержання водню	Енергетика	Нова енергетика
		Розроблено підходи до піларування цеолітних моношарів з одержанням мезопористих матеріалів великої площі поверхні. Встановлено, що ці матеріали із морфологією ультратонких нанопластинок мають набагато вищу каталітичну активність в реакції 2-нафтолу з метилбут-3-ен-2-олом порівняно із промисловими каталізаторами	Одержання мезопористих матеріалів великої площі поверхні	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища
		Одержано перспективні іони для видалення довгоживучих радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr , урану, плутонію і америцію, що перевершують за своєю сорбційною здатністю практично всі відомі неорганічні іони для сорбційного виділення і концентрування цих радіонуклідів. Доведено ефективність їх застосування при очищенні розчинів об'єкта «Укриття»	Одержання перспективних іонів для видалення довгоживучих радіонуклідів	«-»	«-»
		Розроблено новий універсальний підхід до створення функціональних елементів оптоелектроніки на основі іонних рідких кристалів, який базується на каскадних процесах синтезу композитів в іонному рідкокристалічному нанореакторі	Створення функціональних елементів оптоелектроніки на основі іонних рідких кристалів	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нові полімерні матеріали різного функціо-	Варіюванням вмісту екзосахаридвмісної компоненти в складі поліуретанових макромолекул одержано матеріали, які здатні до деструкції в навколишньому середовищі порівняно з вихідними полі-	Матеріали, які здатні до деструкції в навколишньому середовищі	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища

Додатки

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
	нального призначення	уретановими матрицями, що свідчить про ініціювання екзополісахаридами процесів деструкції	Нові стійкі мембрани для ультрафільтрації молочної сироватки	Харчова промисловість	Нестача продовольства
		Створено нові стійкі до акумулювання органічних речовин і механічних ушкоджень органо-неорганічні мембрани для ультрафільтрації молочної сироватки			
	Нові речовини і матеріали для потреб медицини і агропромислового комплексу	Одержано нові ізохіноліни, конденсовані з ядрами піролу для створення лікарських засобів кінази і протиракових препаратів	Нові речовини для створення лікарських засобів кінази і протиракових препаратів	Медицина, фармацевтична галузь	Депопуляція і старіння населення
		Синтезовано низку нових 3-заміщених дигідробенздіазепінів – перспективних анальгетиків та анксіолітиків нового покоління. Знайдено сполуку, яка має високу анальгетичну та значну анксіолітичну активність за низькою токсичністю і є перспективною для впровадження у медичну практику	Анальгетики та анксіолітики нового покоління	-«-	-«-
		На основі лігноцелюлозних сорбентів створено новий ефективний функціональний харчовий продукт для виведення з організму цезію, інших радіонуклідів, очищення організму та відновлення функцій його природних захисних систем. Клінічні дослідження показали, що сорбент проявляє значний некорпоративний ефект та імуномодельюючу дію, а також сприяє нормалізації білірубину	Функціональний харчовий продукт для виведення радіонуклідів, відновлення захисних систем організму та нормалізації білірубину	-«-	-«-
2014	Нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі	З метою створення нових ефективних люмінесцентних і електролюмінесцентних матеріалів для потреб електронної техніки розроблені методи синтезу похідних 2-алкіліден-1,2-дигідропіримідин-4-онів з інтенсивною флуоресценцією (400–430 нм) і високими квантовими виходами	Нові ефективні люмінесцентні та електролюмінесцентні матеріали	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
		Встановлено, що синтезовані фторовмісні аналоги гамааміномасляної кислоти (ГАМК) істотно підвищують початкову швидкість накопичення міченої за тритієм ГАМК нервовими терміналіями головного мозку щурів, що перевищує відповідні показники комерційного препарату «Прегабалін»	Синтезовані фторовмісні аналоги ГАМК перевищують показники препарату «Прегабалін»	Медицина, фармацевтична галузь	Депопуляція і старіння населення
	Нові неорганічні матеріали для сучасної техніки	Встановлено, що модифікація поверхні складних за конфігурацією виробів з нержавіючої сталі (свердла, біти, сітки, дріт) шляхом іонної імплантації нікелю і молібдену сприяє підвищенню стійкості й часу роботи (у 20–40 разів) таких виробів	Підвищення стійкості й часу роботи виробів з нержавіючої сталі	Усі галузі	Технологічне відставання (6 уклад)
		Синтезовано наночастки феромагнітних матеріалів ($La_{1-x}Sr_xMnO_3$) і на їх основі одержано стабільні в часі магнітні рідини	Перспективні індуктори гіпертермії глибоко розташованих пухлин	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Нові полімерні матеріали різного функціонального призначення	Розроблено каталізатори з нанесеними наночастинками паладію контрольованого розміру на графеноподібні структури, вуглецеві нанотрубки та азотовмісні вуглецеві нанотрубки, а також одержано колоїдні розчини таких каталізаторів	Нові високоактивні каталізатори	Усі галузі	Технологічне відставання (6 уклад)
	Нові речовини і матеріали для потреб медицини і агропромислового комплексу	Для підвищення ефективності отримання субмікронних порошків фармацевтичних субстанцій розроблено нові нетрадиційні методи диспергування лікарських речовин із застосуванням УЗ опромінювання	Збільшення терапевтичної активності порошків фармацевтичних субстанцій	Медицина	Депопуляція і старіння населення
2015	Нові органічні речовини і матеріали та композити на їх основі	Розроблено методи синтезу нових β -дикарбональних сполук і гідроксамованих кислот з антиоксидантною активністю для потреб транспорту в екологічно сприйнятливих присадках до широкого ряду мастильних матеріалів. Створено нові каталізатори процесів селективного відновлення	Нові каталізатори для відновлення NO	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища

Закінчення табл. 3.7

1	2	3	4	5	6
		NO продуктами неповного згорання дизельного палива та бензину			
	Нові неорганічні матеріали для сучасної техніки	Одержано органо-неорганічні композити нанострижнів CdSe/CdS в полістирольних матрицях для створення нових люмінесцентних матеріалів. Показано, що зміна концентрації нанострижнів, товщини плівки і послідовності чергування шарів в оптичному конверторі дозволяє коригувати колірну температуру від 6500 до 4700К. Створено робочий макет світлоконвертора	Композити для створення нових люмінесцентних матеріалів, Макет світлоконвертора	Електроніка, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		Створено ефективну композицію для ущільнення осадків водопровідних станцій на основі суміші гідрофобілізуючої речовини ГР-11 і сульфату алюмінію. Визначено оптимальні концентрації цих реагентів для процесу водоочищення	Ущільнення осадків водопровідних станцій	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища
		Розроблено каталізatori з нанесеними наночастинками паладію на графеноподібні структури, вуглецеві нанотрубки та азотомісні вуглецеві нанотрубки, а також одержано колоїдні розчини цих каталізаторів, активність яких значно вища за комерційні	Нові високоактивні каталізatori	Усі галузі	Технологічне відставання, 6 уклад
	Нові полімерні матеріали різного функціонального призначення	Створено нові лінійні, іономірні та сітчасті поліуретани на основі природних відновлювальних компонентів, які здатні до деструкції під впливом факторів природного довкілля після закінчення терміну їх використання	Нові поліуретани, здатні до деструкції під впливом факторів природного докілля	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища
	Нові речовини і матеріали для потреб медицини і агропромислового комплексу	Створено нові векторні протипулинні системи на основі супрамолекулярних нанокompозитних структур. Встановлено їх вищу порівняно з традиційними канцеростатичними препаратами, проти-пухлинну активність за відсутності токсико-алергічної реакції	Нові векторні протипулинні системи	Медицина	Депopуляція і старіння населення

Джерело: сформовано автором на основі [258–261]

Додаток К
Напрями використання конвергентних технологій
в інформаційно-комунікаційних технологіях і електроніці України

Таблиця К.1

Найбільш значущі результати виконання ДЦНТП НАН України
 «Впровадження і застосування Grid-технологій» за 2010–2013 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2010	Розвиток матеріально-технічної бази Grid-технологій	Об'єднання 26 обчислювальних кластерів різних організацій НАН та МОН України	Створена сучасна обчислювальна платформа державного рівня	ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
2011	Розвиток матеріально-технічної бази Grid-технологій	Посилено матеріально-технічне і функціональне забезпечення базового, регіональних і ресурсних центрів Українського національного Grid (УНГ), а також обчислювальні ресурси 10 Grid-кластерів	Створена сучасна потужна обчислювальна платформа державного рівня для вирішення надскладних завдань різного призначення	ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		Побудовано новий кластер і 4 Grid -платформи доступу до Grid-мережі			
		Обчислювальний ресурс збільшено до 31-го Grid-кластера, які мають понад 3000 процесорних ядер, і понад 400 Терабайт сховищ зі зберігання даних			
2011	Застосування Grid-технологій у фундаментальних дослідженнях	З використанням кластерних та Grid-обчислень реалізовано проекти з фізики високих енергій, астрофізики, молекулярної і клітинної біології і медицини, фізики твердої та м'якої речовин, нанотехнологій і нових матеріалів, геофізики і навколишнього середовища, моделювання економіки	Реалізація проектів у фундаментальних дослідженнях	-«-	-«-
		Налагоджено зв'язки з європейськими і світовими Grid-проектами для обробки експериментальних даних Великого адронного колайдера	Обробка даних Великого адронного колайдера	-«-	-«-
		Досягнуто значні успіхи в роботі віртуальної Grid-організації Moldyngrid, де методи молекулярної динаміки і Grid-технології застосовуються для дослідження складних біомолекул	Grid-технології для дослідження складних біологічних молекул	-«-	-«-

Продовження табл. К.1

1	2	3	4	5	6
	Застосування Grid-технологій у прикладних дослідженнях	Здійснено перший етап посилення пропускної здатності каналів передачі даних між Grid-кластерами та проведено підключення до європейської Grid-інфраструктури	Удосконалення УНГ і підключення до європейської Grid-інфраструктури	ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Підготовка фахівців з Grid-технологій	Створено два дисплейні класи для теоретичної і практичної підготовки фахівців з Grid-технологій, а чотири українських Grid-кластери підключено до міжнародної навчальної Grid-мережі	Класи для підготовки фахівців з Grid-технологій	-«-	-«-
2012	Розвиток матеріально-технічної бази Grid-технологій	На виконання угоди про співробітництво між European Grid Infrastructure та УНГ пройшли тестування та сертифікацію перші 11 українських Grid-кластерів, які працюють відповідно до високих європейських вимог	Сертифікація 11 українських Grid-кластерів	-«-	-«-
		Збільшено загальний обчислювальний ресурс до 39-ти Grid-кластерів, які мають більше 4000 процесорних ядер, і понад 500 Терабайтів сховищ для зберігання даних	Збільшення обчислювального ресурсу	-«-	-«-
		Посилено пропуску здатність каналів обміну даними між найпотужнішими Grid-кластерами до 10 Гібіт за секунду	Посилення пропускної здатності каналів обміну даними	-«-	-«-
	Застосування Grid-технологій у фундаментальних дослідженнях	Розроблено та розпочато широке застосування спеціалізованих програмних пакетів для використання Grid-технологій в різноманітних наукових і науково-технічних дослідженнях	Застосування спеціалізованих програмних пакетів у дослідженнях	-«-	-«-
		В галузі фізики високих енергій в програмі досліджень на Великому адронному колайдері українські вчені стали співавторами відкриття нового бозона – як бозона Хіггса	Співавторство у відкритті нового бозона (Хіггса)	-«-	-«-
		Значного успіху досягнуто в проектах біологічного напрямку, де Grid-технології застосовуються для дослідження складних біологічних молекул	Дослідження складних біологічних молекул	-«-	-«-
Застосування Grid-технологій	Реалізовано пілотні проекти з медичної тематики, задач матеріалознавства, аналізу стану навколишнього середовища,	Реалізація пілотних проектів з прикладних досліджень	Усі галузі	Технологічне відста-	

Закінчення табл. К.1

1	2	3	4	5	6
	у прикладних дослідженнях	прогнозування і захисту від надзвичайних природних явищ, таких, наприклад, як повені			вання (6 уклад)
	Підготовка фахівців з Grid-технологій	Продовжувалась робота з міжнародною навчальною Grid-мережею	Підготовка фахівців з Grid-технологій	-«-	-«-
2013	Розвиток матеріально-технічної бази Grid-технологій	Продовжено та поглиблено інтеграцію на технічному рівні УНГ в Європейську організацію EGI (European Grid Infrastructure), посилено співпрацю українських, зокрема академічних, Grid-кластерів з європейськими національними Grid-інфраструктурами та з окремими міжнародними віртуальними організаціями (у Польщі, Німеччині, Франції)	Поглиблення інтеграції УНГ на технічному рівні як в середині Grid-кластерів, так і з міжнародними організаціями	ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Застосування Grid-технологій у фундаментальних дослідженнях	Активна участь установ-виконавців програми у дослідженнях з фізики високих енергій на Великому адронному колайдері в ЦЕРНі (експерименти ALICE і CMS). Виконавці проекту з ННЦ «ХФТІ», як учасники експерименту CMS, стали співавторами відкриття бозону Хіггса	Участь у програмах досліджень з фізики високих енергій	-«-	-«-
		Значні успіхи досягнуто в проектах з астрофізики і космології	Дослідження з астрофізики і космології	-«-	-«-
		Успіхи в проектах біологічного напрямку, в яких Grid-технології застосовуються для дослідження складних біологічних молекул	Перспектива комп'ютерного проектування нових ліків; розроблення нових засобів захисту рослин	Сільське господарство, біотехнології	Нестача продовольства
	Застосування Grid-технологій у прикладних дослідженнях	Впровадження Grid-технологій у практичній медицині (спільно з Інститутом ядерної медицини та променевої діагностики і Інститутом серцево-судинної хірургії ім. М. М. Амосова НАМН України)	Впровадження Grid-технологій в практичній медицині	Медицина	Депопуляція і старіння населення

Джерело: сформовано автором на основі [256–259]

Таблиця К.2

Найбільш значущі результати виконання ДЦНП НАН України «Grid-інфраструктура і Grid-технології для наукових і науково-прикладних застосувань» за 2014–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2014	Розвиток матеріально-технічної бази Grid-технологій	Здійснено технічне і сервісне вдосконалення північно-східного (у Харкові) та західного (у Львові) регіональних ресурсних центрів, посилено функції підтримки віртуальних організацій і користувачів	Вдосконалення керування кластерами для забезпечення безперебійної роботи і збереження даних у сховищах	ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
	Застосування Grid-технологій у фундаментальних дослідженнях	Підготовлено до інтенсивних навантажень кластери, що беруть участь в обробці та аналізі експериментальних даних Великого адронного колайдера. Продовжено обрахунки теоретичних моделей сильно взаємодіючої матерії, оброблено дані про розподіли народжених Z-бозонів та j-мезонів при енергіях протонів 7 і 8 TeV	Вдосконалення алгоритмів роботи кластерів, що беруть участь в обробці даних Великого адронного колайдера	-«-	-«-
		З використанням Grid-технологій досліджено нову слабку енергетичну лінію в рентгєнівських спектрах галактики Андромеди та скупченнях галактик Персея	Властивості цієї лінії узгоджуються з лінією розпаду частинок темної матерії	-«-	-«-
		Продовжено комп'ютерне моделювання властивостей багатомолекулярних систем у фізиці твердих та м'яких речовин	Знайдено нові ефекти в поведінці багатомолекулярних систем	-«-	-«-
	Застосування Grid-технологій у прикладній сфері	Створено інструментальні засоби моделювання та аналізу тривимірних моделей нейросистем, розроблено програмні засоби анімації та 3D-друку. Результати моделювання 3D «химерних станів» розміщено в банку даних у Grid-мережі, який доступний через веб-інтерфейс	Створення банку даних у Grid-мережі для перегляду, візуалізації, пошуку і агрегації 3D «химерних станів»	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Підготовка фахівців	Продовжувалась робота з міжнародною навчальною Grid-мережею	Фахівці з Grid-технологій	-«-	-«-
	Розвиток матеріально-технічної	Сертифікація та підключення хмарної інфраструктури до європейської хмарної інфраструктури. Забезпечення доступу до	Вдосконалення і підключення української Grid-мережі до	ІКТ	Технологічне

Закінчення табл. К.2

1	2	3	4	5	6
2015	бази Grid-технологій і високопродуктивних обчислень	статистичних даних, проведення модернізації системи збереження та використання даних у ресурсному центрі	європейської хмарної інфраструктури		відставання (6 уклад)
	Застосування Grid-технологій у фундаментальних дослідженнях	Продовжено розв'язання задач з фізики високих енергій та астрофізики спільно з фахівцями міжнародних центрів, таких як ЦЕРН та центрів обробки супутникових астрофізичних обсерваторій	Розроблено більш досконалі алгоритми обробки даних експериментів на Великому адронному колайдері та дослідження біохімічних систем	-«-	-«-
		Отримані вагомі результати, що стосуються властивостей темної матерії та рентгєнівського випромінювання від неї	Дослідження властивостей темної матерії	-«-	-«-
		Використовуючи великі масиви інформації (бази даних хімічних сполук – понад 7 млн, 302 шт. цільових білків), за допомогою високопродуктивних обчислень та нової методології дослідження відібрано послідовності α -, β - і γ -тубулінів з патогенних представників круглих та плоских червів	Виділено п'ять перспективних структур, які з великою вірогідністю можуть інгібувати тубуліни	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Застосування Grid-технологій у прикладній сфері	Розроблено проміжне програмне забезпечення для доступу лікувально-профілактичних закладів до Grid-системи збереження та засобів комп'ютерного аналізу медичних зображень. Розроблено медико-технічні вимоги на створення госпітальної інформаційної системи, що пов'яже супровід електронної історії хвороби зі статистичним відділом та системою зовнішнього зберігання медичних зображень у Grid-середовищі	Створення госпітальної інформаційної системи на основі Grid-системи збереження та засобів комп'ютерного аналізу медичних зображень	-«-	-«-
Підготовка фахівців з Grid-технологій	Продовжувалась робота з міжнародною навчальною Grid-мережею	Підготовка фахівців з Grid-технологі	ІКТ	Технологічне відставання	

Джерело: сформовано автором на основі [260; 261]

Таблиця К.3

Результати виконання програми наукових досліджень НАН України
«Розробка інтелектуальних суперкомп'ютерних систем сімейства СКІТ, забезпечення їх ефективного функціонування та створення інформаційних технологій, сучасного математичного, програмно-технічного забезпечення для розв'язання складних та надскладних науково-практичних задач (Інтелект)» у 2013–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2013	Подальший розвиток кластерного комплексу СКІТ	Модернізовано сховище даних суперкомп'ютерного комплексу СКІТ, збільшено його корисний об'єм до 120 ТБ, підвищено швидкодію до 1 Гбайт/с (у 8 разів)	Підвищення характеристик комплексу СКІТ	Усі галузі, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		Налаштовано використання інтерконекта суперкомп'ютеру СКІТ-4	Налаштування СКІТ-4	«-»	«-»
		Модернізовано топологію мережі передачі даних комплексу СКІТ, що дозволило додатково збільшити швидкість обміну даними між паралельною файловою системою та вузлами кластерів СКІТ-3 та СКІТ-4 на 5%	Збільшення швидкості обміну даними	«-»	«-»
		Сховище даних комплексу СКІТ використовується науковими установами для обробки та збереження надвеликих обсягів даних	Використання сховища даних СКІТ	«-»	«-»
	Розвиток інтелектуальних ІТ, сучасного математичного та програмно-технічного забезпечення	Розроблено методи розв'язання векторних дискретних оптимізаційних задач великої розмірності за умов невизначеності й ризику, пов'язані з розпаралелюванням процесу оптимізації	Зменшення вартості і часу прийняття рішень у складних ситуаціях	«-»	«-»
		Побудовано градієнтні методи ідентифікації параметрів: шаруватих середовищ у межах усталених та неусталених дифузійних процесів; шаруватих циліндричних тіл в рамках усталеної та неусталеної дифузії	Методи ідентифікації параметрів шаруватих середовищ і циліндричних тіл	«-»	«-»
		Для комплексу НАДРА-3D розроблено спеціалізований програмний інструментарій створення та редагування цифрових моделей багатоконпонентних шаруватих 3D-середовищ	Програмний інструментарій створення, редагування цифрових моделей	«-»	«-»
		Розроблено методи ідентифікації різноманітних параметрів математичних моделей	Розв'язання задач теплоенергетики,	Енергетика,	Нова енерге-

Продовження табл. К.3

1	2	3	4	5	6
		дифузії в шаруватих тілах та шаруватих тілах обертання, які дозволяють неруйнівним способом визначити характеристики окремих складових зазначених тіл з метою вирішення проблем подовження ресурсу складних сучасних об'єктів різного призначення, вирішення проблем раціонального природокористування, визначення характеристик нових матеріалів тощо	машинобудування, дослідження проблем екології, раціонального природокористування, очистки питної води, нафтопродуктів	охорона довкілля	тика, забруднення довкілля
		Запропоновано підходи до побудови математичних моделей оптимізації економічних та виробничих процесів, енергозбереження, обчислювальної біології, які формулюються в термінах комп'ютерної оптимізації	Можливість отримати науково обґрунтовані прикладні результати для рішень у різних застосуваннях	Усі галузі, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
2014	Подальший розвиток кластерного комплексу СКІТ	Здійснено модернізацію суперкомп'ютерного комплексу СКІТ, зокрема збільшено до 150 Тб систему зображення даних	Підвищення характеристик системи зображення даних комплексу СКІТ	Усі галузі, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
		Розроблено та введено до складу комплексу СКІТ дослідний обчислювальний вузол з гібридною архітектурою продуктивністю 1,17 ТФлопс, що відповідає продуктивності 25 вузлів кластера СКІТ-3	Підвищення продуктивності обчислень комплексу СКІТ	-«-	-«-
		Усі Grid-сервіси комплексу СКІТ перенесено у віртуальні машини, що дозволило втричі збільшити енергоефективність	Підвищення енергоефективності комплексу СКІТ	-«-	-«-
	Розвиток інтелектуальних ІТ, сучасного математичного та програмно-технічного забезпечення	Розроблено нові ефективні паралельні алгоритми дослідження та розв'язування базових задач обчислювальної математики з наближеними даними на комп'ютерах гібридної архітектури (з багатоядерними та графічними процесорами)	Алгоритми вирішення задач із приблизними даними на комп'ютерах гібридної архітектури	-«-	-«-
	Розроблено стохастичні алгоритми глобального рівноважного пошуку. Створено алгоритми проектування мереж зв'язку, надвеликих інтегральних схем, фазованих антенних решіток, малювання нейронних мереж, розпізнавання образів	Створення алгоритмів глобального рівноважного пошуку	-«-	-«-	

1	2	3	4	5	6
		Запропоновано математичні моделі і програмні засоби високопродуктивних обчислень на основі відеографічних прискорювачів	Створені моделі і програмні засоби для ефективного розв'язання задач прогнозування метеорологічних процесів на території України	Усі галузі, ІКТ	Технологічне відставання (6 уклад)
2015	Подальший розвиток кластерного комплексу СКІТ	Розроблено і досліджено паралельні алгоритми розв'язання задач комбінаторної оптимізації підвищеної складності для суперкомп'ютерів СКІТ	Проектування мереж зв'язку, надвеликих інтегральних схем і фазованих антенних решіток, моделювання нейронних мереж, розпізнавання образів, аналіз великих масивів даних, задачі фізики твердого тіла тощо	-«-	-«-
	Розвиток інтелектуальних ІТ, сучасного математичного та програмно-технічного забезпечення	Створено алгоритми моделювання за допомогою СКІТ пружного та термпружного стану багатокомпонентних середовищ	Використання при розв'язанні задач теплоенергетики, машинобудування, дослідження проблем екології, раціонального природокористування	-«-	-«-
		Розроблено прикладні програмні засоби високопродуктивних обчислень для ефективного розв'язання прогнозування метеорологічних процесів на території України	Можливість надати швидкісний та високоточний прогноз метеорологічних величин для замовників	-«-	-«-
		Розроблено розподілену інформаційно-аналітичну систему для категоризації великих обсягів неструктурованих даних соціальних медіа	Системне передбачення та оцінка негативних соціальних тенденцій	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [259–261]

Таблиця К.4

Найбільш значущі результати виконання Державної цільової науково-технічної програми «Розроблення і освоєння мікроелектронних технологій, організація серійного випуску приладів і систем на їх основі» за 2008–2011 рр. та з урахуванням подовження на 2012 р.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2008	Створення детекторів радіації та сенсорів	Відпрацьовано методику виготовлення 32–канальних детекторів рентгенівського випромінювання з підвищеною просторовою роздільністю на базі скінтіляційних лінійок різної товщини (0,4; 0,6; 0,8 та 1 мм)	Методика виготовлення 32-канальних детекторів рентгенівського випромінювання	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Розроблено новий спосіб реєстрації швидких нейтронів, що базується на механізмі непружного розсіяння в ґратці неорганічних скінтіляторів, а результати тестувань підтвердили високу ефективність цієї методики	Новий спосіб реєстрації швидких нейтронів	-«-	-«-
		Розроблені принципи електричних схем нового типу і виготовлені макети зарядочутливого попереднього підсилювача та підсилювача-формача імпульсів на основі активного фільтру для блоків детектування на CdZnTe	Прилади вимірювання аварійних доз і моніторингу радіаційної обстановки на АЕС	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Проведено коригування технології виготовлення ультрафіолетових сенсорів на ZnSe(Te) з метою підвищення чутливості в короткохвильовій області спектра ($\lambda \sim 200$ нм), зменшення опору омичного контуру та підвищення кількості виходу придатних приладів	Коригування технології виготовлення ультрафіолетових сенсорів	Усі галузі, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Здійснено ряд заходів із впровадження у виробництво кремнієвих р- і n- фотодіодів, що мають енергетичну роздільну здатність на джерелі гамма-випромінювання на рівні кращих світових зразків	Впровадження у виробництво кремнієвих р- і n- фотодіодів	-«-	-«-
		Створено технологію виготовлення детекторів CdZnTe для широкодіапазонного спектрометричного блоку	Виготовлення детекторів CdZnTe	-«-	-«-

Додатки

Продовження табл. К.4

1	2	3	4	5	6
	Розробка технології виготовлення нанокераміки	Розроблено метод синтезу квантових точок CdSe/ZnS з доступних та безпечних синтетичних попередників кадмію і цинку	Метод синтезу квантових точок	-«-	-«-
	Виробництво високоякісних підкладок із сапфіру	Проведено пусконаладжувальні роботи та введено в дію дві резистивні установки для вирощування сапфіру методом Киропулоса	Введено в дію дві резистивні установки для вирощування сапфіра	-«-	-«-
	Випуск фотоприймальних пристроїв, випромінювачів	Розроблено основні складові оптоелектронної компонентної бази для створення виробничо-технологічної бази та налагодження малосерійного виробництва приладів інфрачервоного (ІЧ) бачення на основі фотоприймальних пристроїв	Складові оптоелектронної компонентної бази	-«-	-«-
	Виробництво надвисокочастотної елементної бази	Виконано роботу зі створення багатоелементних фотоприймальних пристроїв ІЧ-діапазону на основі CdHgTe. Виготовлено дослідний зразок ІЧ-фотоприймальної матриці формату 128 x 128 для спектрального діапазону 3–5 мкм	Фотоприймальна матриця для пристрою ІЧ-діапазону	-«-	-«-
		Розроблено технічну документацію, що забезпечує можливість виготовлення макетів діодів, параметри яких стабільні в інтервалі температур – 60 ÷ +800С та при термоциклі в такому ж інтервалі температур	Можливість виготовлення макетів діодів	-«-	-«-
2009	Створення детекторів радіації та сенсорів	Проведена підготовка до промислового виробництва ультрафіолетових та рентгенівських сенсорів, ультрафіолетового вимірювача і рентген-тестера	Підготовка до промислового виробництва сенсорів, вимірювача і тестера	Усі галузі, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Завершено монтажні і пусконаладжувальні роботи з двома ростовими установками для отримання напівпровідникових кристалів діаметром до 50 мм	Ростові установки для отримання напівпровідникових кристалів	-«-	-«-
		Розроблено новий спосіб пасивації поверхні кристалічних CdZnTe-спектрометрів іонізуючого випромінювання, який забезпечує зменшення струмів втрат більш ніж у 20 разів	Зменшення струмів втрат більш ніж у 20 разів	-«-	-«-

Продовження табл. К.4

1	2	3	4	5	6
		Виготовлено та досліджено характеристики р- і n-фотодіодної лінійки, яка дозволяє майже на порядок підвищити просторову роздільну здатність рентгенівських сцинтиелектронних детекторів	р- і n-фотодіодна лінійка, що покращує рентгенівські сцинтиелектронні детектори	-«-	-«-
	Розробка технології виготовлення нанокераміки	Вдосконалено метод отримання напівпровідникових квантових точок з фотолюмінесценцією у діапазонах 420–450 нм, 530–540 нм, 570–580 нм і 620–630 нм	Метод отримання напівпровідникових квантових точок	-«-	-«-
		Знайдено оптимальну відносну концентрацію компонентів композитної системи, що забезпечує максимальну інтенсивність люмінесценції квантових точок	Система з максимальною інтенсивністю люмінесценції квантових точок	-«-	-«-
	Випуск фотоприймальних пристроїв	Виготовлено експериментальні зразки ультрафіолетових фотоприймачів на карбіді кремнію з діапазоном фоточутливості 200–430 нм	Зразки ультрафіолетових фотоприймачів	-«-	-«-
	Виробництво надвисокошвидкісної елементної бази	Розроблено макет тепловізійної камери діапазону спектра 3–5 мкм, параметри якої не поступаються кращим світовим зразкам	Макет тепловізійної камери діапазону спектра 3–5 мкм	-«-	-«-
		Виготовлено макети зразків кремнієвих імпульсних лавінопролітних діодів 8-міліметрового діапазону з термостабільними контактами	Кремнієві імпульсні лавінопролітні діоди	-«-	-«-
2010	Створення детекторів радіації та сенсорів	Створено три типи високочутливих сенсорів для реєстрації ультрафіолетового випромінювання в діапазоні 200–400 нм	Високочутливі сенсори для реєстрації ультрафіолетового випромінювання	Усі галузі, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Розроблено та досліджено характеристики детекторів рентгенівського випромінювання з підвищеним просторовим розділенням для нового покоління пристроїв формування рентгенівського зображення	Детектори рентгенівського випромінювання нового покоління	-«-	-«-
		Виготовлено зразок спектрометричного порталу для контролю на митниці легкового автотранспорту, випробування якого показало, що за основними параметрами він не поступається закордонним аналогам	Спектрометричний портал для контролю на митниці легкового автотранспорту	-«-	-«-

Додатки

Продовження табл. К.4

1	2	3	4	5	6
		Вирощено монокристали, розроблено конструкції і виготовлено блоки детектування на основі монокристалів вольфрамату кадмію CdWO ₄ для стаціонарного спектрометричного порталу, сумісного з металодетектором	Блоки детектування для спектрометричного порталу, сумісного з металодетектором	-«-	-«-
		Виготовлено широкодіапазонні блоки детектування на основі CdZnTe-сенсорів для контролю іонізуючого випромінювання атомних станцій, сховищ відпрацьованого ядерного палива і радіоактивних відходів	Блоки детектування для контролю іонізуючого випромінювання АЕС тощо	-«-	-«-
2011	Створення детекторів радіації та сенсорів	Розроблено та виготовлено експериментальні зразки автономного радіометра-дозиметра на основі мікрозбірок та цифрового керуючого модуля і напівпровідникових детекторів CdZnTe	Зразки автономного радіометра-дозиметра	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Виготовлено дослідні зразки 64-х та 128-каналних рентгенівських детекторів низько- та високо-енергетичного діапазонів, створено дільницю для промислового виробництва портальних моніторів та рентгенівських сканерів	Підготовка виробництва портальних моніторів та рентгенівських сканерів	-«-	-«-
	Випуск фотоприймальних пристроїв, випромінювачів	Створено чотиришаровий світлодіод з композитним емісійним шаром, що випромінює біле світло за рахунок складення допоміжних кольорів – синього і помаранчевого, а також розроблено лабораторний технологічний регламент на створення цих світлодіодів	Світлодіод з композитним емісійним шаром, що випромінює біле світло	-«-	-«-
	Виробництво надвисокочастотної елементної бази	Створено тепловізор на основі фоточутливої матриці спектральних діапазонів 3–5 мкм та 8–12 мкм та потужний генераторний НВЧ-модуль на кремнієвих імпульсних лавинопіричних діодах 8-міліметрового діапазону	Тепловізор на основі фоточутливої матриці	-«-	-«-
2012	Виробництво високоякісних	Розроблено технологію вирощування об'ємного сапфіру вагою до 60 кг методом Кіропулоса, вирощування сапфірових пластин методом Степанова 120 мм завширшки	Технології вирощування об'ємного сапфіра вагою до 60 кг, вирощування	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)

Закінчення табл. К.4

1	2	3	4	5	6
	підкладок із сапфіру	та технологію отримання високоякісних підкладок для структур «кремній на сапфірі», світлодіодів та інших комплектуючих приладів мікроелектроніки	сапфірових пластин 120 мм завширшки, отримання високоякісних підкладок		
		Отримано структурно досконалі підкладки із сапфіру діаметром $(50,80 \pm 0,05)$ мм, товщиною $[(0,30-0,50) \pm 0,02]$ мм з кристалографічними орієнтаціями (0001) (10^{-12}) за стандартом USA MIL-0-13830. Показано придатність підкладок для епітаксії, а експериментальні зразки демонструвались на виставках потенційним закордонним замовникам	Структурно-досконалі підкладки із сапфіру за стандартом USA MIL-0-13830	-«-	-«-
		На основі порівнянного техніко-економічного аналізу технологій вирощування сапфіру різними методами розроблено технічні вимоги до промислового обладнання для вирощування сапфіру методами Кіропулоса і Степанова, а також на сервісне обладнання, необхідне для маніпуляцій та механічної обробки кристалів вагою більше 60 кг. Технологічне обладнання виготовлено відповідно до технічних вимог вітчизняних підприємств	Технічні вимоги до промислового обладнання для вирощування сапфіру методами Кіропулоса і Степанова, а також на сервісне обладнання	-«-	-«-
		Створено дослідно-промислові ділянки вирощування кристалів та виготовлення підкладок для великих інтегральних схем, світлодіодів тощо	Дослідно-промислові ділянки вирощування кристалів та виготовлення підкладок	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [254–258]

Таблиця К.5

Найбільш значущі результати виконання Державної цільової науково-технічної програми розроблення і створення сенсорних наукоємних продуктів на 2008–2017 рр. за 2008–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2008	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Створено технологію вирощування тонкоплівкових гетероструктур у системі широкозонних сполук A2B6, яка дозволяє виготовляти сенсори ультрафіолетового (УФ)-випромінювання нового покоління. Перевага розробки – використання вітчизняної технологічної бази з економічністю вищою за існуючі зарубіжні аналоги	Технологія, яка дозволяє виготовляти сенсори УФ-випромінювання нового покоління	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Створено, запатентовано напівпровідниковий матеріал – оптичний германій нового типу з покращеними характеристиками порівняно з існуючим у світі промисловим матеріалом і є перспективним для використання у новітніх галузях інфрачервоної (ІЧ) техніки	Напівпровідниковий матеріал – оптичний германій нового типу	«-»	«-»
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів і багатофункціональних сенсорних систем	Розроблено методику безконтактного вимірювання температури у високотемпературних технологічних процесах	Безконтактне вимірювання температури	«-»	«-»
		Запропоновано новий спосіб вимірювання вологості природного газу безпосередньо в газовій транспортній магістралі зі значним вмістом концентрацій важких вуглеводнів і сторонніх домішок	Вимірювання вологості природного газу в газовій транспортній магістралі	«-»	«-»
	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформаційних систем	Розроблено та налагоджено промислово технологію виготовлення криогенних сенсорів температури, магнітного поля і багатофункціональних сенсорів для одночасного вимірювання низьких температур та сильних магнітних полів	Криогенні сенсори температури і магнітного поля	«-»	«-»

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
	Упровадження пристроїв та їх систем для високо-ефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Вперше в Україні виготовлено і введено в експлуатацію експериментальний зразок унікального малогабаритного мікроелектронного вимірювача енергетичної щільності потоків сонячного електромагнітного випромінювання «ВЕО-01», який забезпечує визначення енергетичної ефективності складових частин геліоенергетичних установок наземного базування	Малогабаритний мікроелектронний вимірювач енергетичної щільності потоків сонячного електромагнітного випромінювання «ВЕО-01»	Енергетика	Нова енергетика
2009	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Створено наукоємні технології виготовлення оптохімічних сенсорів на основі багатошарових дифракційних решіток з антикорельованим рельєфом	Оптохімічні сенсори на основі багатошарових дифракційних решіток з антикорельованим рельєфом	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів і багатофункціональних сенсорних систем	Виготовлено мікроконструкції високоефективних енергозберігаючих сенсорних пристроїв для вимірювання тиску рідин та газів, характеристики яких відповідають світовим стандартам	Мікроконструкції сенсорних пристроїв для вимірювання тиску рідин та газів	-«-	-«-
		Створено діагностичний комплекс неруйнівних ультразвукових методів виявлення дефектів та їх просторового розподілу у великих напівпровідникових кристалах, а також прецизійного вимірювання профілю механічних неоднорідностей поверхні кристалів	Діагностичний комплекс неруйнівних ультразвукових методів виявлення дефектів	-«-	-«-
	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформсистем	Розроблено і створено біомультисенсорні багатофункціональні технології виготовлення біорефрактометрів, чутливість та точність вимірів яких значно перевищують відомі аналоги	Виготовлення біорефрактометрів	-«-	-«-
	Методом моделювання багатошарової інтерференційної тонкоплівкової системи виготовлено мультипараметричний багатоелементний колориметричний газовий сенсор	Мультипараметричний колориметричний газовий сенсор	-«-	-«-	

Додатки

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
	Управління пристроїв та їх систем для високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Виготовлено мікросенсори температури для проведення експериментів з вивчення турбулентних потоків рідкого гелію в Національній лабораторії сильних магнітних полів м. Таллахассі (США) та в Центрі ядерних досліджень м. Гренобль (Франція)	Мікросенсори температури для проведення експериментів з вивчення турбулентних потоків рідкого гелію	Енергетика	Нова енергетика
		Державному підприємству «Завод «Арсенал» (м. Київ) передано експериментальні зразки інтегральних перетворювачів диференційного тиску для випробування і розроблення на їх основі побутових приладів обліку витрат природного газу	Інтегральні перетворювачі диференційного тиску для побутових приладів обліку газу	-«-	-«-
		Науково-виробничому підприємству «Рост» (м. Київ) передано експериментальні зразки перетворювачів тиску для випробування у системах автоматичного контролю технологічних процесів у цукровій промисловості	Зразки перетворювачів тиску для систем контролю технопроцесів у цукровій промисловості	Харчова промисловість	Нестача продовольства
2010	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Виготовлено дослідно-промислово апаратуру для одержання діоксиду германію напівпровідникової чистоти із сировини різного походження, що забезпечує глибину вилучення германію з концентратів близько 99,0% від первісної маси германію у вихідній сировині	Дослідно-промислова апаратура для одержання діоксиду германію напівпровідникової чистоти	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		В наноструктурований сполуці на базі поруватого кремнію одержано випромінювання білого світла (зі спектром випромінювання близьким до сонячного) за рахунок керування інтенсивністю спектральних кольорів випромінювання	Наноструктурована сполука на базі поруватого кремнію, що може випромінювати світло, близьке до сонячного	-«-	-«-
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів і багато-	Проведено експериментальні випробування термометрів опору та діодних сенсорів температури в діапазоні температур 1,8–4,2 К. Надвисока чутливість цих сенсорів порівняно з кращими зарубіжними аналогами	Термометри опору та діодні сенсори температури в діапазоні температур	-«-	-«-

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
	тофункціональних сенсорних систем	дозволяє проводити унікальні дослідження при низьких та наднизьких температурах	1,8–4,2 К з надвисокою чутливістю	-«-	-«-
	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформсистем	Розроблено і створено мультисенсорну систему типу «електронний ніс» з автоматизованою подачею аналізу (легкі токсичні та екологічно небезпечні сполуки), яка вирішує проблему розпізнавання сумішей аналітів за їх хімічними образами	Мультисенсорна система типу «електронний ніс» з автоматизованою подачею аналізу	-«-	-«-
	Упровадження пристроїв та їх систем для високоефективних енергетичних ресурсозберігаючих технологій	Розроблено і створено експериментальні зразки нових кремнієвих фотоперетворювачів, використання яких в геліоенергетичних установках концентраторного типу дозволяє на 20–30 % знизити собівартість виробництва електроенергії порівняно з існуючими фотоелектричними пристроями	Зразки нових кремнієвих фотоперетворювачів, що на 20–30 % знижують собівартість виробництва електроенергії	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
2011	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Розроблено технологію для вирощування кристалів германію при застосуванні високочастотного розплаву, яка забезпечує високу ступінь чистоти та структурної досконалості кристалів для виготовлення унікальних сенсорів іонізуючого випромінювання	Технологія для вирощування кристалів германію для виготовлення сенсорів іонізуючого випромінювання	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів і багатофункціональних сенсорних систем	Виготовлено експериментальні зразки сенсорних пристроїв для визначення рівня світлих нафтопродуктів, витрат повітря, газу, рідини, а також динамічних змін тиску в циліндрах двигунів автомобіля, судових двигунів тощо. Виготовлені сенсори за своїми характеристиками знаходяться на рівні відомих світових фірм-виробників	Сенсорні пристрої для визначення рівня світлих нафтопродуктів, витрат повітря, газу, рідини та динамічних змін тиску в циліндрах двигунів	-«-	-«-
		Створено експериментальний зразок аналітичного приладу для експрес-діагностики водно-спиртових розчинів з великим вмістом спирту та розроблено методики ідентифікації марок горілчаних напоїв на основі	Прилад для експрес-діагностики водно-спиртових розчинів з великим вмістом спирту	Харчова промисловість	Нестача продовольства

Додатки

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
		порівняння характеристик досліджуваних зразків з попередньо сформованою базою для еталонних напоїв			
	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформсистем	Для дослідження багатомолекулярних білкових комплексів розроблено процедури, які дозволяють провести їх кількісний аналіз і вивчити просторову організацію багатокомпонентних комплексів молекул, білків та вірусів	Дослідження багато молекулярних білкових комплексів	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Створено прототип високочутливого мультібіосенсора на основі низки біоселективних елементів і матриці іоноселективних польових транзисторів для визначення низки токсичних речовин при екологічному моніторингу довкілля	Високочутливий мультібіосенсор для визначення токсичних речовин	Охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища
	Упровадження пристроїв та їх систем для високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Проведено велику роботу з впровадження створених розробок на промислових підприємствах та в медичних установах	Впровадження створених розробок на промислових підприємствах та в медичних установах	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
2012	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Розроблено технологію синтезу адсорбентних матеріалів на основі апатитоподібних наносистем. Проведено випробування зразків адсорбентів як матриць захоронення радіоактивних відходів та накопичувачів екологічно шкідливих сполук	Технологія синтезу адсорбентних матеріалів, які можуть застосовуватися для захоронення радіоактивних відходів	Усі галузі, ядерна енергетика, охорона довкілля	Забруднення навколишнього середовища, нова енергетика
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів та багатофункціональних сенсорних систем	Виготовлено макетні зразки дво- та три-термінальних електронних наносенсорів на основі багатозарових нітридних гетеро структур типу GaN/AlGaIn, виготовлених на єдиній технологічній платформі, та проведено їх випробування як базових елементів в інтегральних діагностичних, аналітичних, контрольно-вимірювальних та	Електронні наносенсори для інтегральних діагностичних, аналітичних, контрольно-вимірювальних та інформаційних	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
		інформаційних інтелектуальних мультисенсорних системах	інтелектуальних мультисенсорних систем		
		Створено адаптивну систему контролю продукції фармацевтичної та харчової промисловості, яка дозволяє проводити експрес-встановлення відповідності стандарту (еталону) продуктів, склад яких невідомий (продукти харчування, напої, медичні препарати тощо)	Адаптивна система контролю продукції фармацевтичної та харчової промисловості	Фармацевтична і харчова промисловість	Депопуляція і старіння населення, нестача продовольства
	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформаційних систем	В поляризаційній оптиці виявлено новий ефект гігантської чутливості резонансного відбиття в біологічних середовищах, на основі якого створено модуляційний поляриметр, що відповідає рівню кращих світових зразків. Прилад дозволяє проводити надчутливу реєстрацію змін оптико-фізичних властивостей біологічних матеріалів під дією різноманітних фізичних, хімічних та медико-біологічних чинників	Модуляційний поляриметр, що дозволяє проводити надчутливу реєстрацію змін оптико-фізичних властивостей біологічних матеріалів	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Виготовлено поляриметричний пристрій надвисокої чутливості для дослідження розподілу термонапружень у твердих тілах, що дозволяє фіксувати механічні напруження на рівні 0,1 кг/см ² , які виникають при зміні температури на 0,010С	Поляриметричний пристрій надвисокої чутливості для дослідження розподілу термонапружень у твердих тілах	-«-	-«-
	Упровадження пристроїв та їх систем для високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Створено оригінальний комплекс електрооптичної діагностики, за допомогою якого визначено основні критерії сертифікації кристалів оптичного германію. Це дає можливість встановити придатність до використання кристалів для виробництва елементів інфрачервоної техніки	Комплекс електрооптичної діагностики для визначення основних критеріїв сертифікації кристалів оптичного германію	-«-	-«-
		Проведено спільні дослідження з фахівцями Інституту експериментальної патології, онкології та радіобіології ім. Р. Є. Кавецького	Застосування методики визначення кіль	Медицина	Депопуляція і старіння

Додатки

Продовження табл. К.5

1	2	3	4	5	6
		НАН України та Національного інституту раку МОЗ України із застосуванням методики визначення кількості вільних радикалів та динаміки їх генерації у біологічних об'єктах з метою вивчення перебігу онкологічних захворювань	кості вільних радикалів та динаміки їх генерації у біологічних об'єктах		населення
2014*	Розробка дослідних технологій виробництва наукоємних матеріалів для сенсорної техніки	Розроблено оригінальний метод одержання металічного германію високої чистоти, що дозволило виконати замовлення на виготовлення германієвих елементів ІЧ техніки для бронетанкового озброєння	Германієві елементи ІЧ техніки для бронетанкового озброєння	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
		Розроблено технологію виготовлення полікристалічних шарів сполук А2В6 та їх твердих розчинів великої площі ($S \geq 100 \text{ мм}^2$) для створення на їх основі сенсорів УФ радіації	Сенсори УФ радіації	«-»	«-»
	Створення біомультисенсорних багатofункціональних технологій та інформаційних систем	Створено експериментальний зразок високочутливого імуносенсорного портативного аналізатора плазми крові	Імуносенсорний портативний аналізатор плазми крові	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Розроблено універсальний блок сенсорів іонізуючого випромінювання для забезпечення радіаційної безпеки в медичній радіології	Блок сенсорів іонізуючого випромінювання для медичної радіології	«-»	«-»
	Упровадження пристроїв та їх систем для високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Експериментальні зразки інтегральних перетворювачів динамічного тиску передано ДП КБ «Південне»	Інтегральні перетворювачі динамічного тиску	Авіа-космічна промисловість	Технологічне відставання (6 уклад)
	Використання мікро- і оптоелектронних сенсорів, приладів та багатofункціональних сенсорних систем	За результатами досліджень створено неруйнівний експрес-метод контролю InGaN/GaN структур та світлодіодів, а також розроблено і та запатентовано GaN ультрафіолетові світлодіоди з підвищеною надійністю	Неруйнівний експрес-метод контролю світлодіодів, нові ультра-фіолетові світлодіоди з підвищеною надійністю	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)

Закінчення табл. К.5

1	2	3	4	5	6
2015	Створення біомультисенсорних багатофункціональних технологій та інформаційних систем	Виготовлено експериментальний зразок модернізованого високочутливого портативного аналізатора компонентів крові. Аналізатор використано в спеціалізованих медичних закладах для проведення діагностики онкологічних захворювань на ранніх безсимптомних стадіях	Експрес-діагностика на початкових стадіях захворювань на тромбофлебіт, інсульт, інфаркт, тромбоемболію	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Виготовлено прототип інтелектуальної сенсорної системи газового аналізу багатокомпонентних проб та розроблено методологію аналізу складних сумішей у рідкому або твердому стані	Сенсорна система і методологія газового аналізу складних сумішей у рідкому або твердому стані	Усі галузі, ІКТ, електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
	Упровадження пристроїв та їх систем для високоефективних енерго- та ресурсозберігаючих технологій	Розроблено, виготовлено та поставлено замовникам (ДП НВК «Фото-прилад» (м. Черкаси), КП СПБ «Арсенал» (м. Київ), фірма «Трімен Україна», м. Київ) захисні пластини, заготовки оптичних елементів із заданими параметрами, різних форм та розмірів з оптичного германію нового типу	Створення захисних екранів та оптичних елементів тепловізійних систем вітчизняної віськової та космічної техніки	Авіакошмічна промисловість, ОПК**	Технологічне відставання (6 уклад)
		Створено та передано ДП КБ «Південне» (м. Дніпро) експериментальні зразки перетворювачів тиску для вимірювання змін тиску в умовах демонстраційних випробувань відсіку оснащення оперативно-тактичних ракет	Вимірювання змін тиску під час випробувань ракет	-«-	-«-

* у щорічних звітах НАН України не наведено дані щодо стану виконання робіт за вказаною програмою у 2013 р.

** ОПК – оборонно-промисловий комплекс

Джерело: сформовано автором на основі [254–261]

Додаток А

Таблиця А.1

Результати виконання Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Науково-технічний супровід розвитку ядерної енергетики та застосування радіаційних технологій у галузях економіки» на 2011–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2011	Науково-технічна підтримка безпечної та надійного функціонування та розвитку ядерної енергетики України	Визначено основні технологічні режими процесів одержання дослідних зразків губки магнієтермічного цирконію з вітчизняної сировини із заданим вмістом домішок, зокрема, магнієтермічного відновлення тетраклориду цирконію, вакуумної сепарації реакційної маси	Створення українського виробництва ядерного палива для АЕС	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Розроблено, виготовлено і випробувано перший український детектор іонізуючих випромінювань на основі полікристалічної алмазної плівки з радіаційною стійкістю	Застосування в радіаційних ядерних технологіях і для внутрішньо-реакторної дозиметрії і радіаційного контролю	-«-	-«-
		Уперше отримано дані про вплив водню на властивості сталей воднево-охолоджуваних роторів ТВВ-1000 після тривалої експлуатації	Дозволяє визначити режими безпечної експлуатації матеріалів роторів після термообробок, подовжує термін роботи АЕС	-«-	-«-
		З метою створення екстрагентів та сорбентів токсичних радіонуклідів синтезовано нові супрамолекулярні ліганди на основі каліксаренів, функціоналізованих діалкілфосфіноксидними та діетоксифосфоновими угрупованнями	Застосування при розробці нових матеріалів, що поєднують властивості сорбентів та рідких екстрагентів, для селективного вилучення високотоксичних актинічних радіонуклідів з навколишнього середовища, а також для дезактивації радіоактивних відходів у Чорнобильській зоні	-«-	-«-
	Розробка ядерно-фізичних	У рамках розробленого детерміністського підходу для опису явища «повільної хвилі ядерного горіння»	Дозволяє запобігати небажаному розгону реактора при запуску	Ядерна енергетика	Нова енергетика

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6
	установок нового покоління та проведення прикладних досліджень з перспективних напрямів	досліджено можливість плавного запуску перспективного реактора на швидких нейтронах. Знайдено оптимальну конфігурацію початкового розподілу концентрації компонентів палива, теплоносія та поглинача нейтронів			
		Створено радіаційно-опромінювальну установку для нейтронозахватної терапії і діагностики в ядерно-магнітній резонансній томографії	Здійснення нейтронного опромінення біологічних об'єктів при заданій температурі	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Розроблено мішеневу станцію для напрацювання радіофармпрепаратів на внутрішньому пучку циклотрона У-240НАНУ. Виготовлено циклотронні джерела з підвищеною інтенсивністю пучків згенерованих протонів і установку оптимізованої центральної оптики циклотрона	Установки для напрацювання радіофармпрепаратів	-«-	-«-
2012	Науково-технічна підтримка безпечного і надійного функціонування та розвитку ядерної енергетики України	Створено експериментальний стенд для дослідження впливу пучків заряджених частинок на механічні властивості конструкційних матеріалів АЕС	Дозволяє реєструвати температуру, струм пучка та дозу радіаційного опромінення	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Розроблено методику проведення експресних імітаційних радіаційних випробувань з використанням прискорювачів заряджених частинок у кисневому середовищі при температурі 400–1000°C для вуглецевих матеріалів	Проведення експресних імітаційних радіаційних випробувань	-«-	-«-
		Розроблено технологічне оснащення для високочастотного нагріву довгих (1030 мм) робочих лопаток останніх ступенів енергетичних турбін АЕС в установках атомно-іонного розпилення матеріалів	Для потреб турбобудівних і турборемонтних підприємств	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
		Досліджено особливості поведінки матеріалу при складному термосиловому навантаженні, розроблені вимоги до бази даних металу корпусу реактора	Виконання договору з НТЦ НАЕК «Енергоатом», проведення державної експертизи оцінки технічного стану корпусу реактора енергоблоку №1 Південно-української АЕС	-«-	-«-
	Розробка ядерно-фізичних установок нового покоління та проведення прикладних досліджень з перспективних напрямів	Розроблено технології одержання нових високотемпературних керамічних конструкційних і ударостійких матеріалів з високими характеристиками поглинання іонізуючих випромінювань	Перспективні для використання в ядерній енергетиці	-«-	-«-
		Розроблено екологічну та економічно доцільну технологічну схему низькотемпературної переробки радіоактивних відходів АЕС, що полягає у використанні скло-керамічних та керамічних матриць, в яких відсутня дифузія і радіонуклідів, і хімполук	Екологічно та економічно доцільна технологічна схема низько температурної переробки радіоактивних відходів АЕС	-«-	-«-
		Створено серію експрес-методів для визначення концентрації техногенних радіонуклідів у зразках із навколишнього середовища	Дозволяють швидко, надійно і з високою точністю проводити радіоекологічні дослідження без застосування радіохімії	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища
		Розроблено технології напрацювання короткоіснуючих ізотопів	Для медичної практики і радіотерапії захворювань людини	Медицина	Депопуляція і старіння населення
2013	Науково-технічна підтримка безпечної і надійної функціонування та розвитку	За допомогою методик оцінки радіаційного окрихнення металу корпусів реакторів АЕС проведено державну експертизу оцінки технічного стану корпусів реакторів №1 і №2 Запорізької АЕС	Оцінка технічного стану корпусів реакторів Запорізької АЕС	Ядерна енергетика	Нова енергетика

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6
	ядерної енергетики України	За допомогою методів коерцитиметрії та магнітної пам'яті металу проведено моніторинг напружено-деформованого стану металу зварних з'єднань парогенератора ПГВ-1000 енергоблоків №1 – 3 Південно-Української АЕС	Моніторинг зварних з'єднань парогенератора ПГВ-1000 енергоблоків Південно-Української АЕС	-«-	-«-
		Виконано дослідження з оцінки експлуатаційної довговічності воднево-охолоджувальних швидкохідних та тихохідних турбоагрегатів для Хмельницької АЕС	Оцінка експлуатаційної довговічності турбоагрегатів для Хмельницької АЕС	-«-	-«-
Розробка ядерно-фізичних установок нового покоління та проведення прикладних досліджень з перспективних напрямів		Розроблено процес отримання захисних покриттів товщиною до 7 мкм на цирконієвих сплавах, які мають високі механічні властивості та термостабільність при атмосферному відпалі	Захисні покриття на цирконієвих сплавах з високими механічними властивостями	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Здійснено запуск джерела плазми – основної складової експериментального стенда для вивчення радіаційно-пучкового впливу на матеріали ядерної і термоядерної енергетики	Устаткування для вивчення радіаційно-пучкового впливу на матеріали ядерної і термоядерної енергетики	-«-	-«-
		Створено та виготовлено малогабаритні гамма-нейтронні детектори, які використовують новий спосіб реєстрації швидких нейтронів, заснований на незастосуванні механізму непружного розсіяння на ядрах атомів неорганічних скінтіляторів	Малогабаритні гамма-нейтронні детектори швидких нейтронів	-«-	-«-
		Для визначення герметичності тепловідільних елементів дослідницького реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України введено в експлуатацію стаціонарну установку для вимірювання гамма-спектрів теплоносія першого контуру	Стаціонарна установка для вимірювання і обробки гамма-спектрів теплоносія першого контуру реактора ВВР-М	-«-	-«-
		На основі дослідження торієносно-сті головних породних комплексів	Дослідження покладів торію в Україні	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
		Українського щита зроблено висновок, що Україна має поклади торію, достатні для повного задоволення її внутрішніх потреб			
		Запатентовано фотоядерний спосіб одержання ізотопу ^{67}Cu для лікування раку	Спосіб одержання ізотопу для лікування раку	Медицина	Депопуляція і старіння населення
		Визначено параметри напрацювання на циклотроні CV-28 ННЦ ХФТІ НАН України ізотопів $^{66}\text{Ga}/^{67}\text{Ga}$ і ^{64}Cu , які задовольняють вимогу радіохімічної чистоти радіофармпрепаратів для радіонуклідної терапії і діагностики	Ізотопи для радіонуклідної терапії та діагностики	-«-	-«-
		Запропоновано нерадіохімічну методику одночасного вимірювання активності ^{90}Sr та ^{137}Cs у зразках доквілля, яка дозволяє проводити масові вимірювання та суттєво здешевлює проведення таких робіт, що є особливо важливим для цілей радіоекологічного моніторингу забруднених об'єктів і територій	Методика масового і дешевого вимірювання вмісту шкідливих ізотопів у зразках доквілля	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища
		Обґрунтовано сценарні умови довгострокового розвитку електроенергетичного сектора України та ядерної енергетики під впливом соціально-економічних, технічних, політичних та екологічних факторів	Сценарні умови довгострокового розвитку електроенергетичного сектора України та ядерної енергетики	Ядерна енергетика	Нова енергетика
2014	Науково-технічна підтримка безпечного і надійного функціонування та розвитку ядерної енергетики України	Створено діючий макет восьмиканальної акустично-емісійної радіотелеметричної системи моніторингу стану корпусів реакторів АЕС	Діагностування і моніторинг стану експлуатації великогабаритних об'єктів тривалого експлуатування	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Встановлено особливості кінетики пошкоджуваності теплостійких сталей 10ГН2МФА та 15Х2МФА при різних співвідношеннях головних напружень для температур експлуатації енергетичного обладнання АЕС	Особливості пошкоджуваності сталей енергетичного обладнання АЕС	-«-	-«-

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6
		Розроблено імітаційну модель окислення ядерно-чистого графіту, що враховує пористість, фракційність, дифузію окислювача і густину зразка при окисленні в режимі хімічної кінетики який знаходиться в діапазоні температур 400–800 °С	Імітаційна модель окислення ядерно-чистого графіту	-«-	-«-
	Розробка ядерно-фізичних установок нового покоління та проведення прикладних досліджень з перспективних напрямів	Здійснено фізичний запуск магнітної системи нового експериментального стенду для радіаційно-пучкового впливу на матеріали, що використовуються в ядерній і термоядерній енергетиці	Стенд для радіаційно-пучкового впливу на матеріали	-«-	-«-
		Розроблено конструкцію гамма-нейтронних блоків детектування для переносних пошукових систем виявлення радіоактивних матеріалів, які мають підвищену ефективність	Пошукові системи з підвищеною ефективністю реєстрації нейтронів без використання систем, що сповільнюють швидкі нейтрони	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища
2015	Науково-технічна підтримка безпечного і надійного функціонування та розвитку ядерної енергетики України	Створено методику прогнозування критичного рівня радіаційного зміцнення корпусного металу ядерних реакторів та прогнозування на цій основі граничної дози опромінення, яка визначає величину радіаційного ресурсу корпусу реактора	Запропонована методика була використана для енергоблоків № 3 і № 4 Запорізької АЕС і №2 Південноукраїнської АЕС	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		Створено методику та модуль дистанційного визначення залишкових напружень та властивостей металу зовнішньої поверхні корпусу реактора енергоблоку ВВЕР-1000	Проведено налагодження діючої моделі модулю у лабораторних умовах на стендах Південноукраїнської АЕС	-«-	-«-
		Здійснено запуск усіх складових частин експериментального стенда квазістаціонарного плазмового прискорювача нового покоління, який дозволяє отримати потужні замагнічені потоки плазми для їх використання в модельних експериментах, що відтворюють умови реактора термоядерного синтезу, і тестування перспективних	Прискорювач нового покоління, що дозволяє отримати потужні замагнічені потоки плазми для умов реактора термоядерного синтезу і тестування перспективних матеріалів ядерної та термоядерної енергетики	-«-	-«-

Додатки

Закінчення табл. А.1

1	2	3	4	5	6
		матеріалів ядерної та термоядерної енергетики			
		Проведено математичне моделювання та експериментальне дослідження процесу напрацювання ізотопу ^{67}Cu на лінійному прискорювачі електронів	Показано, що використання потужних пучків електронів на сильно-струмових прискорювачах дозволяє досягнути високої питомої активності β -емітера ^{67}Cu	-«-	-«-
		Проведено теоретичне та експериментальне дослідження можливості фотоядерного виробництва ^{99}Mo шляхом використання ядер віддачі з наночастинок MoO_3 , який є базовим радіоізотопом для проведення діагностичних досліджень в ядерній медицині	можливість фотоядерного виробництва ізотопу ^{99}Mo для ядерної медицини	Медицина	Депопуляція і старіння населення
	Розробка ядерно-фізичних установок нового покоління та проведення прикладних досліджень з перспективних напрямів	Розроблено нові неорганічні матриці з тунельною структурою для отвердження рідких радіоактивних відходів АЕС з метою їх довгострокового зберігання і захоронення	Дослідна партія захисних керамічних контейнерів для безпечного зберігання відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання	Ядерна енергетика	Нова енергетика
		На основі нанорозмірних каліксарен-амідів, каліксарен-фосфін-оксидів та, каліксарен-краун-етерів створено екстрагенти та сорбенти, які видаляють цезій, стронцій, актиніди, лантаніди, технецій, паладій з водних розчинів	Екстрагенти та сорбенти, які видаляють рідкоземельні метали з водних розчинів у сотні разів ефективніше за промислові екстрагенти та сорбенти	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища

Джерело: сформовано автором на основі [257–261]

Таблиця А.2

**Основні результати виконання цільової комплексної програми НАН України
«Перспективні дослідження з фізики плазми, керованого термоядерного синтезу
та плазмових технологій» за 2014–2015 рр.**

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2014	Фундаментальні проблеми теорії плазми	Знайдено оптимальні режими високочастотного нагріву плазми в торса троні Ураган-3М. Встановлено особливості взаємодії потужних плазмових потоків з матеріалами поверхонь тривимірних структур, які обрано як базові конфігурації дивертора ITERa	Моделювання фізичних процесів в великих термоядерних установках з диверторною конфігурацією типу ITERa	Термоядерна енергетика	Нова енергетика
		Розроблено новий підхід для моделювання розподілів дифузійних потоків швидких іонів із плазми токамака, який засновано на детальному аналізі орбіт частинок	Одновимірна аналітична модель дифузійно-конвективного перенесення заряджених продуктів ядерного синтезу в тороїдній плазмі	-«-	-«-
	Керований термоядерний синтез	Досліджено топографію кільватерних полів, збуджуваних релятивістським електронним згустком в гібридній плазмово-діелектричній структурі	Експериментальна установка «Плазмово-діелектричний кільватерний прискорювач»	-«-	-«-
	Плазмова електроніка	Запропоновано і досліджено новий різновид геліконного розряду, здатного утворювати лінійно однорідну плазму високої ($\approx 10^{12}$ см ³) густини	Розрядна система для плазмово-технологічного обладнання для однорідної обробки великих поверхонь	Електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)
2015	Фундаментальні проблеми теорії плазми	Теоретично та експериментально показано, що в розряді низького тиску, індукованого мікрохвильовим випромінюванням, коефіцієнт проникнення СВЧ випромінювання, умови пробою газу та беззіткнений нагрів електронів плазми визначаються стрибками фаз мікрохвильового випромінювання	Запропоновано метод формування спектра оптичного випромінювання з плазми такого розряду	Термоядерна енергетика	Нова енергетика
		Чисельним моделюванням підкритичного режиму збудження кільва-	Моделювання підкритичного режиму збуд-	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
		терних полів у плазмово-діелектричному хвилеводі показано, що фокусування тестового електронного згустку у лінійному режимі здійснюється плазмовою хвилею, а у нелінійному – забезпечується плазмовими іонами, які залишаються у транспортному каналі після відштовхування звідти плазмових електронів ведучим електронним згустком	ження кільватерних полів у плазмово-діелектричному хвилеводі	-«-	-«-
		Методами комп'ютерного моделювання встановлено особливості впливу повздовжнього магнітного поля на динаміку електронних згустків та збудження ними кільватерних полів	Моделювання особливостей впливу повздовжнього магнітного поля	-«-	-«-
	Керований термоядерний синтез	Розроблено теорію, яка описує фізику коливань нейтронного виходу та пов'язаних явищ в експериментах на токамаці DIII-D (США) під час спалахів E-GAM-нестійкості, збуджуваних іонними пучками, та проведено дослідження нестійкостей плазми в експериментах з інжекцією пучків атомів на стелараторі Wendelstein 7-X (Німеччина)	Теорію, яка описує фізику коливань нейтронного виходу та пов'язаних явищ в експериментах на токамаці DIII-D (США) і стелараторі Wendelstein 7-X (Німеччина)	-«-	-«-
	Плазмодинаміка	Для дослідження штучних іоносферних турбулентностей (ШІТ), що збуджуваних НС НААРР (USA), уперше застосовано аналіз високочастотних НС НААРР, які реєстрували на Українській антарктичній станції	Встановлено вплив параметрів хвилі накачки на властивості таких турбулентностей хвиль	Охорона навколишнього середовища	Забруднення навколишнього середовища
	Плазмове електроніка	Проведено моделювання параметрів плазми високочастотного розряду та іонно-оптичної системи джерела іонів Ar^+ високої яскравості $\sim 1000 \text{ Ам}^{-2} \text{ рад}^{-2} \text{ еВ}^{-1}$ для технологічних застосувань	Моделювання параметрів плазми високочастотного розряду та іонно-оптичної системи джерела іонів	Електроніка	Технологічне відставання (6 уклад)

Джерело: сформовано автором на основі [260; 261]

Таблиця А.3

Основні результати виконання Цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Водень в альтернативній енергетиці та новітніх технологіях» в 2011–2015 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2011	Отримання водню	Розроблено схему водневої установки для отримання водню із води в промислових масштабах та нові енергоакуюлюючі речовини на основі сурми, вісмуту, олова	Установка для отримання водню із води в промислових масштабах	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
		Розробка процесів отримання водню з використанням відходів, зокрема під час електрохімічного очищення стічних вод, а також шляхом термохімічної водопарової обробки відходів металургійного виробництва	Отримання водню з використанням відходів	-«-	-«-
		Досліджено процеси карбонізації українських кам'яних та бурих вугіль для отримання синтез-газу з високим вмістом водню, а також шляхом парокисневого риформінгу етану і пропану	Отримання синтез-газу з високим вмістом водню	-«-	-«-
		Проведено дослідження щодо виробництва водню за рахунок енергії вітру. На території Переяслав-Хмельницької дослідної бази Інституту проблем матеріалознавства введено в дію вітрову електростанцію потужністю 800 Вт	Дослідження щодо виробництва водню за рахунок енергії вітру	-«-	-«-
	Зберігання водню	Проведено дослідження нових сполук, які є перспективними для створення на їх основі матеріалів, що характеризуються здатністю до накопичення водню, зокрема мікропористі координаційні полімери, сплави на основі магнію та композитів, вуглецеві наноматеріали	Дослідження нових сполук і матеріалів, здатних до накопичення водню	-«-	-«-
	Використання водню	Досліджено можливості вдосконалення електродних і електролітних матеріалів для паливних комірок, а також розроблено методики для досліджень наводнювання матеріалів і концентрації водню у конструкційних сталях	Вдосконалення електродних і електролітних матеріалів для паливних комірок	-«-	-«-
2012	Отримання водню	Дослідження процесів добування водню, в т. ч. при утилізації відходів, електрохімічному очищенні стічних вод, карбонізації українських кам'яних та бурих вугіль, парокисневому риформінгу етану і пропану, за участю мікробіодоростей	Дослідження процесів добування водню	Альтернативна енергетика	Нова енергетика

1	2	3	4	5	6
		Дослідження процесів добування водню, в т. ч. при утилізації відходів, електрохімічному очищенні стічних вод, карбонізації українських кам'яних та бурих вугіль, парокисневому риформінгу етану і пропану, за участю мікро-водоростей	Дослідження процесів добування водню	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
		Запропоновано концепцію каталітичного добування водню з рідкої біосировини – етанолу	Добування водню з рідкої біосировини-етанолу	-«-	-«-
		Вивчено електрохімічне виділення водню з кислих і лужних водних розчинів на катодах, модифікованих вуглецевими багатостінними нанотрубками	Виділення водню з кислих та лужних водних розчинів	-«-	-«-
		Проведено налагоджувальні роботи вітроустановки разом з електролізером для отримання водню	Вітроустановка з електролізером для отримання водню	-«-	-«-
		Розпочато оптимізацію плазмових технологій видобування водню на прикладі пароплазмової газифікації біомаси	Плазмові технології видобування водню	-«-	-«-
	Зберігання водню	Розроблено нові енергоакумулюючі речовини на основі цинку, модифікованого свинцем та оловом	Нові енергоакумулюючі речовини	-«-	-«-
		Запропоновано перспективні сплави для створення матеріалів з підвищеними водневосорбційними властивостями на основі системи Ti-Fe-Mn	Матеріали з підвищеними водневосорбційними властивостями	-«-	-«-
		Досліджено нові сплави на основі магнію та вуглецеві нанотрубки, які також перспективні для збереження значної кількості водню	Вуглецеві нанотрубки для збереження водню	-«-	-«-
		В рамках досліджень з використання водню удосконалено електродні електролітні матеріали для паливних комірок на основі полімерних протон-провідних мембран та нанокompозитних керамічних моноблоків	Електродні електролітні матеріали для паливних комірок	-«-	-«-
		В рамках досліджень з використання водню удосконалено електродні електролітні матеріали для паливних комірок на основі полімерних протон-провідних мембран та нанокompозитних керамічних моноблоків	Електродні електролітні матеріали для паливних комірок	-«-	-«-

Продовження табл. А.3

1	2	3	4	5	6
	Використання водню	Розроблено метод отримання органо- неорганічних наноструктурованих протонпровідних мембран для температур вище 100°C та нову електрохімічну технологію виробництва водню високого тиску	Електрохімічна технологія виробництва водню	-«-	-«-
		Запропоновано схему трансформації надлишку електричної енергії у водень і кисень	Трансформація надлишку електричної енергії у водень і кисень	-«-	-«-
		Експериментально підтверджено можливість застосування гідрореагуючих сплавів на основі алюмінію для обробки продуктивних пластів нафтових свердловин	Застосування гідрореагуючих сплавів для обробки нафтових свердловин	-«-	-«-
		Встановлено позитивний вплив використання порошкового гідриду цирконію для підвищення густини сплавів після десорбції водню	Використання порошкового гідриду цирконію для десорбції водню	-«-	-«-
2013	Отримання водню	Розробка процесів отримання водню з використанням відходів, зокрема під час електрохімічного очищення стічних вод, шляхом термохімічної водопарової обробки відходів металургійного виробництва з використанням концентрованої сонячної енергії, а також дослідженням продукування водню мікробдоростями і мікробними технологіями	Процеси отримання водню з використанням відходів	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
		Запропоновано концепцію каталітичного одержання водню з рідкої біосировини – етанолу	Каталітичне одержання водню з етанолу	-«-	-«-
		Розпочато оптимізацію плазмових технологій отримання водню на прикладі пароплазмової газифікації біомаси	Пароплазмова газифікація біомаси для отримання водню	-«-	-«-
		Проведено дослідження та налагоджування установки виробництва водню за рахунок енергії вітру	Установка виробництва водню за рахунок енергії вітру	-«-	-«-
		Розроблено і апробовано нову електрохімічну технологію виробництва водню високого тиску	Електрохімічна технологія виробництва водню високого тиску	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
Зберігання водню		Досліджено нові сплави на основі магнію, як перспективні матеріали для збереження значної кількості водню	Магнієві сплави для збереження водню	-«-	-«-
		Показано, що найкращі воденьсорбційні властивості мають композити, синтезовані методом реактивного помолу в атмосфері водню	Композити з воденьсорбційними властивостями	-«-	-«-
		Запропоновано перспективні сплави для створення матеріалів з підвищеними воднево-сорбційними властивостями на основі системи Ti-Fe-Mn, а також мікропористі координаційні полімери	Перспективні сплави для матеріалів з підвищеною сорбцією до водню	-«-	-«-
		Вивчено фотоелектрохімічні властивості наноструктурованих напівпровідникових плівок CdSe для використання у фотоелектрохімічній системі для виділення та накопичення «сонячного» водню	Наноструктуровані напівпровідникові плівки для виділення та накопичення «сонячного» водню	-«-	-«-
		Досліджено вуглецеві наноматеріали (нанотрубки) щодо використання в якості накопичувачів водню та вплив термообробки каталітичної підкладки на процес їх отримання	Вуглецеві нанотрубки як накопичувачів водню	-«-	-«-
		Проведено роботи щодо з'ясування мікромеханізмів руйнування полікристалічних тіл з урахуванням різних структурних складових та окрихчувальної дії водню в конструкційних сталях	Вивчення окрихчувальної дії водню в конструкційних сталях	-«-	-«-
		Проведено вдосконалення електродних і електролітних матеріалів для паливних комірок на основі полімерних протонпровідних мембран та на основі нанокомпозитних керамічних моноблоків	Електродні та електролітні матеріали для паливних комірок	-«-	-«-
Використання водню		Розроблено технологію для виготовлення паливної комірки з електролітом на базі ZrO_2 . Встановлено, що висока киснева провідність синтезованого оксиду цирконію, стабілізованого комплексними добавками на основі оксиду скандію, дозволяє рекомендувати його для застосування як твердого електроліту в паливних комірках, що працюють при температурах 600–700 °C	Технологія виготовлення паливної комірки з електролітом на базі ZrO_2	-«-	-«-

Продовження табл. А.3

1	2	3	4	5	6
		Отримано вагомі результати щодо взаємозв'язку між концентрацією водню у металі і прикладним напруженням у різних умовах наводнювання	Вивчено взаємозв'язок між концентрацією водню у металі і прикладним напруженням	-«-	-«-
		Запропоновано напрями технологічного використання водню, зокрема в енергетиці: <ul style="list-style-type: none"> ▪ застосування водневих технологій для трансформації надлишку електричної енергії за допомогою електролізу у водень і кисень; ▪ розроблено рекомендації щодо практичного застосування енергетичних установок, що використовують водень як робоче тіло 	Напрями технологічного використання водню в енергетиці	-«-	-«-
2014	Отримання водню	Продемонстровано перспективність мікробної біотехнології продукування водню, яка реалізується водночас із утилізацією органічних відходів і забезпечує прискорену деструкцію багатоконпонентних органічних відходів з утворенням енергоносія – молекулярного водню	Мікробний препарат, що розкладає органічні відходи з утворенням молекулярного водню	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
		Розроблено нові технології одержання водню з використанням наноструктурованих енергозберігаючих речовин з використанням активних металів	Установка для отримання водню у промислових масштабах	-«-	-«-
	Зберігання водню	Проведено дослідження нових сполук, які є перспективними для створення на їх основі матеріалів, що характеризуються високою здатністю накопичення водню	Мікропористі координаційні полімери зі здатністю накопичення водню	-«-	-«-
	Використання водню	Розроблено технологію виготовлення паливної комірки на базі ZrO_2 . Встановлено, що висока киснева провідність синтезованого оксиду цирконію, стабілізованого комплексними добавками на основі оксиду скандію, дозволяє застосовувати його як твердий електроліт у паливних комірках при 600–700°C	Технологія виготовлення паливної комірки на базі ZrO_2 , що можуть працювати при температурі 600–700°C	-«-	-«-
Запропоновано напрями технологічного використання водню в енергетиці для трансформації надлишку електричної енергії за допомогою електролізу у водень і кисень. Розроблено рекомендації з використання енергетичних установок, що використовують водень як робоче тіло		Рекомендації з використання енергетичних установок, що використовують водень як робоче тіло	-«-	-«-	

Закінчення табл. А.3

1	2	3	4	5	6
2015	Отримання водню	У результаті плазмово-парової газифікації українського бурого вугілля (Кіровоградська обл.) та мулу з Бортницької станції аерації отримано синтез-газ, який можна конвертувати у водень зі ступенем чистоти 93–95 %	Мікробний препарат, що забезпечує прискорену деструкцію багатоконпонентних органічних відходів з утворенням водню	Альтернативна енергетика	Нова енергетика
	Зберігання водню	Досліджено закономірності процесів оборотного поглинання водню електродами з газорозпиленних порошків сплавів на основі LaNi_5 . Показано можливість їх використання як активної складової електродів Ni-MG акумуляторів та катодів фото електрохімічних комірок для отримання та накопичення водню під дією сонячного світла	Електроди з газорозпиленних порошків сплавів на основі LaNi_5 для отримання та накопичення водню під дією сонячного світла	-«-	-«-
	Використання водню	Розроблено низькотемпературний робочий макет воднево-кисневого паливного елемента на основі протонпровідних мембран Futaprep F950, який дозволяє оптимізувати нові матеріали паливних елементів з наступним впровадженням у масове виробництво	Низькотемпературний робочий макет водневокисневого паливного елемента для впровадження у масове виробництво	-«-	-«-
		Розроблено гібридний акумулятор водню з підвищеною водневою ємністю, який може використовуватись для комплектації установок перетворення сонячної енергії на хімічну енергію водню	Гібридний акумулятор водню для сонячних установок	-«-	-«-

Джерело: сформовано автором на основі [255–261]

Таблиця А.4

Найбільш значущі результати виконання Державної цільової науково-технічної програми «Розробка і впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла та освітлювальних систем на їх основі» за 2009–2013 рр.

Рік	Напрямок програми	Найбільш значущий результат	Практична цінність	Галузь	Глобальна проблема
1	2	3	4	5	6
2009	Створення матеріалів, технологій і методів керування, терморегулювання світлодіодних джерел світла	Закінчено налагодження і запуск першої і другої технологічної установки для отримання гетероепітаксійних структур на основі GaN. Ці структури будуть основою для створення синіх світлодіодів, випромінювання яких в комбінації з широкопasmовими люмінофорами дає біле світло	Установки для отримання матеріалів, будуть основою для створення синіх світлодіодів	Енергозбереження	Нестача та вичерпання ресурсів
		Розроблені експериментальні зразки люмінофорів для білих світлодіодів на органічних і неорганічних сполуках	Зразки люмінофорів для білих світлодіодів	-«-	-«-
		Розроблено конструкцію, виготовлено та інсталювано зразок герметичного технологічного боксу для нанесення світлодіодних структур у захисній атмосфері інертного газу та введено в дію апаратно-програмний комплекс нанесення захисних органічних покриттів для герметизації світлодіодів	Комплекс нанесення захисних органічних покриттів для герметизації світлодіодних структур	-«-	-«-
	Виробництво світлодіодних випромінювачів та їх систем	Створено технологічну лінію складання дослідних зразків потужних білих світлодіодів в модулі «чистий коридор» і виготовлено дослідні зразки білих світлодіодів потужністю 4Вт, 12Вт, 16 Вт з імпортованими кристалами	Дослідні зразки білих світлодіодів потужністю 4 Вт, 12 Вт, 16 Вт	-«-	-«-
		Створена дослідна партія перших українських світлодіодних ламп з цоколем E27, що забезпечують рівномірний світловий потік, відсутність точкової яскравості та відблиску	Українські світлодіодні лампи з цоколем E27	-«-	-«-
		Розроблено і виготовлено дослідні зразки безтіньової хірургічної лампи на потужних світлодіодах та експериментальні зразки вибухобезпечних освітлювачів для шахт	Безтіньова хірургічна лампа та вибухобезпечні освітлювачі для шахт	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
		На основі явища індукваного подвійного променезаломлення виготовлено поляризаційно-модуляційний пристрій, оригінальною характеристикою якого є здатність проведення повного Стоксполяриметричного аналізу частково поляризованого випромінювання	Поляризаційно-модуляційний пристрій для аналізу частково поляризованого випромінювання	-«-	-«-
	Створення засобів діагностики і сертифікації світлодіодних джерел світла	Введено в дію вимірювальний комплекс для безконтактного динамічного тестування випромінювальних і теплових параметрів світлодіодів видимого діапазону з високою часовою (10 мкс) і просторовою (<20 мкм) роздільною здатністю	Вимірювальний комплекс для безконтактного тестування випромінювальних і теплових параметрів світлодіодів видимого діапазону	-«-	-«-
2010	Створення матеріалів, технологій і методів керування, терморегулювання світлодіодних джерел світла	Відпрацьовано методику отримання плівкових органо-неорганічних гібридних нанокомпозитів на основі поліепоксипропілкарбозола та квантово-розмірних нанокристалів CdS	Методика отримання плівкових органо-неорганічних гібридних нанокомпозитів	Енергозбереження	Нестача та вичерпання ресурсів
		Вперше на сапфірових підкладках одержано плівки нітриду алюмінію полярної та неполярної орієнтації, які є перспективними для створення гетероструктур, що дозволять суттєво поліпшити якість світловодів	Створено гетероструктури, що поліпшують якість світловодів	-«-	-«-
	Виробництво світлодіодних випромінювачів та їх систем	Розроблено та впроваджено у виробництво перші українські світлодіодні лампи потужністю від 3 Вт до 8 Вт різних конструктивних модифікацій. Розроблено два типи світлодіодних стельових світильників з покращеним світлорозподілом та підвищеною енергоефективністю	Виробництво українських світлодіодних ламп потужністю від 3 Вт до 8 Вт, та двох типів світлодіодних стельових світильників	-«-	-«-
		Створено світлодіодну хірургічну лампу з потужним випромінюванням без інфрачервоної складової та шахтарські каски з автономним енерго-економічними вибухобезпечними світлодіодними прожекторами	Світлодіодна хірургічна лампа та шахтарські каски з енергоекономічними вибухобезпечними прожекторами	-«-	-«-
		Розроблено динамічні повнокольорові блочно-модульні конструкції світлодіодних ілюмінаційних систем для EURO 2012	Конструкції світлодіодних ілюмінаційних систем для EURO 2012	-«-	-«-

Продовження табл. А.4

1	2	3	4	5	6
		Організовано виробництво елементної бази для широкої номенклатури енергозберігаючих світлодіодних ламп	Виробництво елементної бази для світлодіодних ламп	-«-	-«-
		Створено конвеєрну лінію, що забезпечує складання ламп з використанням українських комплектуючих, розроблених за програмою, а також перевірку, маркування та пакування готових виробів	Конвеєрна лінія для складання ламп з використанням українських комплектуючих	-«-	-«-
	Створення засобів діагностики і сертифікації світлодіодних джерел світла	Створено та оснащено сучасною виміральною технікою метрологічну лабораторію для сертифікації світлодіодів та світлодіодних освітлювальних пристроїв	Лабораторія сертифікації світлодіодів і світлодіодних освітлювальних пристроїв	-«-	-«-
		Досліджено дію випромінювання світлодіодних джерел світла різного спектрального складу на фізіологічні функції основних систем організму – зору, нервову та серцево-судинну	Дія випромінювання світлодіодних джерел світла на фізіологічні функції організму	-«-	-«-
2011	Створення матеріалів, технологій і методів керування, терморегулювання світлодіодних джерел світла	Теоретично доведені та експериментально підтверджені шляхи підвищення енергетичної ефективності GaN гетероструктур, розроблено нові елементи технології створення базових структур для потужних світлодіодів та нові типи органічних і неорганічних люмінофорів для білих світлодіодів	Елементи технології створення базових структур для потужних світлодіодів та нові типи органічних і неорганічних люмінофорів	Енергозбереження	Нестача та вичерпання ресурсів
	Реалізація пілотних проектів із впровадження енергозберігаючих світлодіодних освітлювальних систем	Організовано кластерну модель виконання завдань і заходів програми, яка об'єднує інститути НАН України, їх дослідні виобрництва та промислові підприємства («Газотрон-Люкс», «Ватра», «Електронмаш», «Інформаційні технології», «Екта-Пром», «СУ-24»).	Кластерна модель виконання завдань і заходів програми	-«-	-«-
		Реалізовано пілотні проекти впровадження світлодіодної освітлювальної техніки у вуличне освітлення, житлово-комунальний	Впровадження світлодіодної освітлювальної техніки	-«-	-«-

1	2	3	4	5	6
		комплекс, бюджетну і виробничу сферу, транспорт в містах Київ, Харків та Донецьк	у вуличне освітлення, житлово-комунальний комплекс, бюджетну і виробничу сферу, транспорт		
2012	Створення матеріалів, технологій і методів керування, терморегулювання світлодіодних джерел світла	Розроблено нові матеріали для виробництва високоєфективних напівпровідникових випромінюючих елементів – неорганічні та органічні люмінесцентні матеріали для покращення біологічної якості освітлення для білих світлодіодів	Неорганічні та органічні люмінесцентні матеріали для покращення біологічної якості освітлення для білих світлодіодів	Енергозбереження	Нестача та вичерпання ресурсів
		Оптимізовано технологічний режим створення твердих розчинів $In_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ / $In_{x_2}Ga_{1-x_2}N$ з мінімальною флуктуацією In на гетерограницях	Створення твердих розчинів $In_{x_1}Ga_{1-x_1}N$ / $In_{x_2}Ga_{1-x_2}N$	-«-	-«-
		Розроблено оригінальний процес модифікації сапфіру шляхом термохімічної нітридації та нові системи термостабілізації світловипромінюючих кристалів на основі теплопровідної кераміки та пластмас, а також елементи системи керування потужністю та спектральним складом випромінювання	Процес модифікації сапфіру та нові системи термостабілізації світловипромінюючих кристалів	-«-	-«-
	Виробництво світлодіодних випромінювачів та їх систем	Розроблено нові типи світлодіодних ламп з електронними системами керування, освітлювальні системи для житлово-комунального господарства, вибухонебезпечних об'єктів, медичних цілей, прожекторні та ілюмінаційні системи	Освітлювальні системи для ЖКГ, вибухонебезпечних об'єктів, медичних цілей, прожекторні та ілюмінаційні системи	-«-	-«-
	Створення засобів діагностики і сертифікації світлодіодних джерел світла	Створено і оснащено сучасним метрологічним обладнанням Центр діагностики світлодіодних освітлювальних систем	Оснащено Центр діагностики світлодіодних освітлювальних систем	-«-	-«-
	Вивчено вплив спектра випромінювання світлодіодних джерел світла з різною колірною температурою на основі дослідження здорових, серцево-судинних функцій організму	Вплив світлодіодних джерел світла на здоров'я, серцево-судинну функції організму	-«-	-«-	

Продовження табл. А.4

1	2	3	4	5	6
		Розроблено чотири нові стандарти світлодіодного освітлення та гармонізовано їх з міжнародними	Нові стандарти світлодіодного освітлення	-«-	-«-
	Реалізація пілотних проектів із впровадження енергозберігаючих світлодіодних освітлювальних систем	Для реалізації проектів впровадження світлодіодних освітлювальних систем створено ПАТ «Укрсвітлолізинг» та організовано її діяльність	Створено ПАТ «Укрсвітлолізинг»	-«-	-«-
		Реалізовано пілотні проекти з впровадження світлодіодних освітлювальних систем для вулиць великих міст України, об'єктів ЖКГ,будівель бюджетної сфери та промислових об'єктів, станцій метрополітену, художньо-декоративного оформлення вечірнього міста. Загальна економія від встановлення світлодіодних ламп і вуличних світильників склала близько 4 млн кВт год. на рік	Впровадження світлодіодних освітлювальних систем для вулиць великих міст України, об'єктів ЖКГ, станцій метрополітену тощо	-«-	-«-
		Проходять експлуатаційні випробування 500 стельових світлодіодних світильників в аудиторіях вищих навчальних закладів, приміщеннях Президії НАН України й Держінформнауки, а також багатокількірна ілюмінаційна система для Тернополя	Випробування 500 стельових світлодіодних світильників та ілюмінаційної системи для міста	-«-	-«-
2013	Створення матеріалів, технологій і методів керування, терморегулювання світлодіодних джерел світла	Розроблено технологічний маршрут виготовлення інтегральних джерел світла на основі RGB методу формування білого світла	Виготовлення інтегральних джерел світла	Енергозбереження	Нестача вичерпання ресурсів
		Відпрацьовано технологічні режими епітаксії та контактних систем світлодіодних структур блакитного та зеленого світла	Світлодіодні структури блакитного та зеленого світла	-«-	-«-
		Оптимізовано технологічний процес формування світлодіодних структур AlGaIn/InGaIn/GaN/Al ₂ O ₃ методом газозварної епітаксії із металоорганічних сполук з якісними гетерограницями In _{x2} Ga _{1-x2} N/p-Al _x Ga _{1-x} N, p-Al _x Ga _{1-x} n/p-GaN та морфологією поверхні контактного шару, що в сукупності забезпечило досягнення їх енергетичної ефективності більшої від 80 дм/Вт	Технологічний процес формування світлодіодних структур	-«-	-«-

Додатки

Продовження табл. А.4

1	2	3	4	5	6
		Розроблено методи механічного та хімічного очищення поверхонь сапфірових підкладок для проведення термохімічної нітридації	Методи очищення поверхонь сапфірових підкладок	-«-	-«-
		Синтезовано 5 світлоконвертуючих люмінофорів та розроблено прототипи полімерних світлоконвертуючих матеріалів (плівок, булей і блоків) на їх основі для покращення біологічної якості світла енергозберігаючих світлодіодних джерел освітлення	Світлоконвертуючі люмінофори та відповідні матеріали на їх основі	-«-	-«-
		Шляхом твердофазних реакцій синтезовано активовані іонами церію кальцій-скандій-кремнієві гранати для використання в структурах синій світлодіод-широкозмугвий білий люмінофор. Показано, що спектр люмінесценції $\text{Ca}_{3(1-x)}\text{Ce}_{3x}\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ являє собою суперпозицію двох широких смуг з максимумами при 507 нм та 550 нм	Синтезовано синій світлодіод-широкозмугвий білий люмінофор	-«-	-«-
	Виробництво світлодіодних випромінювачів та їх систем	Виготовлено макети органічних світло-випромінюючих діодів на основі супряжених полімерів МЕН-PPV і SuperYellow та досліджено їх вольт-амперні та електролюмінісцентні характеристики	Макети органічних світловипромінюючих діодів	-«-	-«-
		Розпочато організацію серійного виробництва світлодіодних випромінюючих кластерів на основі COB-технології	Виробництво світлодіодних випромінюючих кластерів	-«-	-«-
		Розроблено нові типи високоефективних світлодіодних освітлювальних систем: стельових світильників різних конфігурацій із заданими параметрами спрямованості світла, світлодіодних ламп з високими енергетичними та ергономічними показниками, потужних прожекторних систем, вуличних світлодіодних світильників широкої номенклатури	Нові типи високоефективних світлодіодних освітлювальних систем	-«-	-«-
	Створення засобів діагностики і сертифікації світлодіод	Розроблено 5 проектів державних стандартів України зі світлодіодних джерел світла	Проекти державних стандартів України зі світлодіодних джерел світла	-«-	-«-

Закінчення табл. А.4

1	2	3	4	5	6
	них джерел світла				
	Реалізація пілотних проектів із впровадження енергозберігаючих світлодіодних освітлювальних систем	Реалізовано 8 пілотних проектів з впровадження енергозберігаючих світлодіодних освітлювальних систем в містах Сімферополь, Харків, Слов'янськ	Пілотні проекти з впровадження енергозберігаючих світлодіодних освітлювальних систем	-«-	-«-
	Розпочато комплексне впровадження систем світлодіодного освітлення на соціально значущих об'єктах України – 4-х автомагістралях (Київ – Одеса, Київ – Харків, Київ – Луганськ, Київ – Вишгород), 3 вищих навчальних закладах (Київ, Харків), одному ліцеї (м. Чугуїв), лікарні «Охматдит» (м. Київ)				

Джерело: сформовано автором на основі [255– 259]

Додаток М
Інфраструктура конвергенції знань, технологій і суспільства
В країнах світу й Україні

Таблиця М.1

Розподіл видатків із бюджету США на розвиток науково-дослідної інфраструктури
на 2015–2017 рр. за основними галузями

Галузь досліджень	Бюджетний рік, млн дол.		
	2015 (фактично)	2016 (за оцінками)	2017 (заплановано)
Оборона (військові дослідження)	116	33	195
Охорона здоров'я і соціальне обслуговування	173	180	223
Національне аерокосмічне агентство (NASA)	64	137	137
Енергетика	990	1,112	1,138
Невійськові програми	699	800	795
Оборонні програми	271	293	319
Національний науковий фонд (NSF)	325	424	459
Сільське господарство	168	357	225
Комерціалізація	231	400	331
Національне агентство океану та атмосфери (NOAA)	151	251	206
Національний інститут стандартів і технологій (NIST)	80	149	125
Інтер'єр	36	2	2
Транспортування	25	35	35
Охорона навколишнього середовища	5	5	5
Національна безпека	315	8	0
Смітсонівський інститут	36	32	33
УСЬОГО	2,534	2,725	2,783

Джерело: сформовано автором на основі [346, с. 3]

Таблиця М.2

Інфраструктура підтримки національних КЗТС-ініціатив у США (за пропозицією WTES)

Елемент інфраструктури		Ключові пріоритети	Напрями діяльності
1		2	3
Національні конвергентні науково-технологічні центри і мережі		КЗТС-теорія і методи	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Розробка підходів до вимірювання, оцінки та інформації щодо конвергентних платформ і процесів; ▪ дослідження розвитку теорій, моделей, методів, інститутів та інших умов, які можуть стимулювати або обмежувати конвергенцію; ▪ вивчення методів, які можуть включати математичні та соціальні моделі для конвергенції, розвитку багатодомених мов і інструментів, еволюційних системних підходів, відкритого співпрацю, методи конвергентного міждисциплінарного проектування, прогнози та використання соціально-технічних лабораторій для створення прототипів абсолютно нових форм системи; ▪ розробка комплексу практичних методів і стратегій для реалізації конвергенції науки, техніки і виробництва, а також для визначення найбільш корисних додатків конвергенції
		КЗТС-освіта	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спрямування на вирішення проблеми «великого освітнього виклику» для КЗТС, включаючи горизонтальну (міждисциплінарну) і вертикальну (впродовж життя людини) системну інтеграцію, з метою визначення, скільки знань потрібно для створення і підтримки технологічної інфраструктури, необхідної для забезпечення задовільно високої якості життя; ▪ створення конвергенції на основі творчої та інноваційної екосистем з метою забезпечення єдності знань в освіті. Вона буде підтримуватися багатодоменими базами даних, модулями конвергентної освіти, а також призначеними для користувача об'єктами; ▪ розробка нових програм і політики для навчання нових поколінь вчених і фахівців-практиків
		КЗТС-біомедицина	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Об'єднання центрів навколо біології, медицини, науки і техніки для біомедичних застосувань, оскільки ця тема є особливо відкритою для конвергенції завдяки динамічному науково-технічному прогресу і соціальній значущості цієї області; ▪ збільшення потенціалу цього напрямку і зростання впливу в середньостроковій і довгостроковій перспективі, а також одержання безпосередніх переваг для добробуту людства й охорони здоров'я
Технологічні платформи		КЗТС-продукти	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Створення стійких і розгалужених конвергентних NBIC-технологій для виробничих потреб – таких як розподілене виробництво з кіберпідтримкою, нанобіотехнології і психо-кібер-фізичні системи – можуть поєднати пристрої, створені за допомогою трансляційних досліджень, з потребами декількох платформ, таких як сім'ї, громади і мегаполіси; ▪ фокусування на передових виробничих технологіях буде запорукою розвитку виробництва з високою доданою вартістю

Продовження табл. М.2

1	2	3
	КЗТС-сенсори	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Створення більш конкретних платформ для аналогічних інструментів або видів продукції; ▪ повсюдне мобільне зондування і пристрої зі звітності про умови навколишнього середовища можуть збирати інформацію з навколишнього середовища, передавати її прямо людям-власникам, а також додавати її до «хмар» глобально інтегрованих даних. Агрегована інформація з «хмар» (наприклад, про якість повітря у певній місцевості) може бути повідомлена фізичним особам у режимі реального часу. Дослідження на таких пристроях можуть зв'язати воедино трансляційні дослідження, універсальні бази даних, а також підтримувати дослідження в області «людських платформ»; ▪ активізація створення передових промислових систем шляхом розробки нових знань, технологій, продуктів і додатків, які усувають розрив між дослідженнями та інноваціями, що є одним із найважливіших глобальних завдань на майбутнє з високим потенціалом для інновацій, зростання і конкурентоспроможності
КЗТС-когнітивне суспільство		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Запровадження концепції когнітивного суспільства в управлінні приведе до зростання могутності і каталізу конвергентних технологій з метою підсилити соціальне пізнання як для індивідумів, так і для груп; ▪ розповсюдження в такому суспільстві повсюдних конвергентних когнітивних технологій, які покликані посилити процес прийняття людиною рішень, покращити добробут людей та громадське здоров'я; ▪ зростання когнітивних внесків у довічне навчання людини, збільшення інформаційних потоків між машинами і людьми на основі природних мов, а також ретельне відпрацювання рішень з питань етики на всіх рівнях суспільства; ▪ стимулювання в рамках платформи «КЗТС-когнітивне суспільство» вирішення нинішніх «нерозв'язаних проблем» у масштабах планети
КЗТС-картування мозку		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Пошук відповіді на технологічний виклик, мета якого – реконструювати нейронну активність людського мозку через складні нейронні ланцюги, які могли б виявитися величезним кроком на шляху до розуміння фундаментальних і патологічних процесів мозку; ▪ переключення основної уваги в розумінні мозку від розгляду нейрону до синапсу як до основного елемента у функції мозку
КЗТС-когнітивний комп'ютинг		<p>Впровадження нової парадигми з обчислень, в якій когнітивні системи та алгоритми розпізнають контекст і наміри без необхідності бути запрограмованими фахівцями на кодових мовах програмного забезпечення, а також можуть вчитися в умовах невизначеності і середовища, що змінюється (ймовірно, це буде реалізовано на початку наступного десятиліття)</p>

Продовження табл. М.2

1	2	3
	<p>КЗТС-стійкі енергія, вода і покління матеріалів</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Використання стічних вод, морської води і розсолів як джерел чистої води, енергії, поживних речовин і критичних матеріалів; ▪ застосування КЗТС-досліджень для розробки усталених процесів і систем, зокрема, для: (1) повторного використання стічних вод; (2) опріснення солонуватої і морської води під час відновлення; (а) енергії (наприклад, отримання енергії на основі градієнта солоності та виробництва водню з використанням розщеплення солонної води); (б) поживних речовин (азоту і фосфору); (в) цінних металів / критичних елементів (наприклад, літію, магнію, урану, золота, срібла і т.д.)
	<p>КЗТС-стійке міське середовище</p>	<p>Використання КЗТС-досліджень для утворення стійких міських спільнот в XXI столітті, щоб змінити конфігурацію існуючих мегаполісів і конфігурувати майбутні мегаполіси в «розумні» міста, які будуть мати: (1) більш доступний / гнучкий житлоустрій і розгалужену енергетичну і водну інфраструктуру; (2) більш ефективне сільське господарство / виробництво продуктів харчування і системи доставки; (3) більш енергоефективні транспортні системи; (4) розгалужену інфраструктуру охорони здоров'я, більш придатні умови для життя і можливості працевлаштування для всіх</p>
Програми	<p>Оцінки методологій</p>	<p>Оцінки методологій діяльності конвергенції екосистеми</p>
	<p>Інтеграція баз даних</p>	<p>Інтеграція баз даних з області вивчення людського мозку, з одного боку, із системними даними земного виміру – з іншого</p>
	<p>Перегляд правил і вимог</p>	<p>Перегляд норм і правил для вдосконалення індивідуальної і групової творчості та інновацій у конвергентних процесах економіки як критична умова конкурентоспроможності</p>
	<p>Управління ризиками</p>	<p>Здійснення ефективного управління ризиками проривних та конвергентних технологій</p>
	<p>Розвиток нових парадигм</p>	<p>Розробка нових парадигм для розуміння науки й інформування про неї</p>

Продовження табл. М.2

1	2	3
	Моніторинг розвитку людського потенціалу	Контролювання підвищення людського потенціалу, фізичного і психічного, а також на рівні окремої особи, групи і суспільства за допомогою інструментів конвергенції
Організації	Попіщення аналізу рішень	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Покращення аналізу рішень з використанням циклу конвергенції-дивергенції як керівництва; ▪ створення інструментів збору та аналізу даних, які працюють на численних рівнях диференціації; ▪ розвиток теорій для розуміння систем, які можуть досягти гомеостатичного балансу в одних вимірах, водночас прогресуючи в інших
	Підтримка і розширення громадських досліджень	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Підтримка і розширення громадської науки шляхом надання підтримки для сприяння взаємодії та конвергентним методам, таким як бази даних загального призначення; ▪ поява волонтерів, які б інформували, допомагали в освіті і лікуванні, виступаючи колегами (асистентами) науковців, тим самим забезпечуючи кращу наукову роботу, ефективнішу освіту та сприяння конвергенції науки та суспільства
Координація державних органів	КЗТС-федеральне бюро конвергенції	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Виявлення, полегшення і координація можливості конвергенції у федеральному уряді, а також між федеральними та місцевими органами влади, приватним сектором та громадськими організаціями; ▪ встановлення бачення, довгострокове планування, реалізація інвестиційної політики, організація та оцінка; ▪ перегляд норм і правил для просування індивідуальної і групової творчості та інновацій у конвергентних процесах в економіці як найважливішої умови конкурентоспроможності; ▪ сприяння інтеграції п'яти компонентів когнітивного суспільства (центрів конвергенції, технологічних платформ, програм, а також залученню уряду і приватних організацій) з існуючими координаційними бюро і програмами, в тому числі Національної нанотехнологічної ініціативи (NNI), Національних досліджень та розробок у сфері інформаційних технологій (NITRD), Програми досліджень глобальних змін (GCRP) і аналогічних існуючих проєктів; ▪ робота над «конвергенцією національних програм досліджень і розробок» для підтримки директивних органів та організацій прийняття рішень
	КЗТС-Земля	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Присвячення наукових досліджень і розробок у сфері сталого розвитку Землі еволюційним взаємодіям між природними системами Землі, конвергентними спільнотами і чисельністю населення;

Закінчення табл. М.2

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ створення єдиної координаційної системи для всіх видів діяльності у земних масштабах з метою моніторингу і пом'якшення (балансування) стійких систем Землі; ▪ акцентування на ефективних методах збереження біорізноманіття та оптимальних рівнів азоту і вуглецю в навколишньому середовищі. Це вимагає глибокого співробітництва на міжнародному рівні, а також у галузях та секторах економіки для забезпечення повної соціальної конвергенції
	<p>КЗТС- добробут</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Передбачення глобальних і багаторічних підходів до досягнення індивідуального фізичного і психічного благополуччя, розвитку людського потенціалу та соціального добробуту; ▪ перехід моделей медичної допомоги від реактивного типу (лікування захворювання після того, як пацієнт вже захворів на нього) до активного і профілактичного; ▪ створення технологій для старіючого суспільства зможе поєднати інтегровані інформаційні ресурси і дослідницькі платформи для людей, сімей та громад, щоб допомогти суспільству всієї земної кулі боротися зі старінням населення. Питання благополуччя набувають все більшого значення з розширенням соціальних взаємодій, старінням населення, а також визнання необхідності екологічної стійкості. Це включає до себе психічне задоволення в сім'ї, міжособистісні відносини і суспільство в цілому; ▪ існування відмінностей у можливостях для спільних досліджень за участю США, ЄС і країн Азії, включаючи Корею, Японію і Китай
	<p>КЗТС- конвергенція в суспільстві</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Спрямування на етичні, правові аспекти та на громадську активність щодо соціальної конвергенції; ▪ досягнення збалансованого прогресу (наприклад, підвищення рівності навіть за умови, якщо вона створює прибуток), що потребує об'єктивної оцінки більш широких наслідків кожного з основних нововведень у рамках комплексної системи, якою є Земля, не для гальмуючих змін, а для спрямування їх в найкращому напрямку для людства; ▪ попереднє обговорення конвергентних технологій з метою оцінки потенційних ризиків для споживачів та населення в цілому. Участь громадськості і нейтральних спостерігачів необхідні для прийняття рішень; ▪ точне визначення за допомогою об'єктивного дослідження, які цінні (корисні) традиції урядового втручання мають бути збережені і які нові методи можуть бути впроваджені для покращення процесу прийняття державних рішень, оскільки традиційні інститути влади не здатні впоратися з постійно зростаючими проблемами майбутнього, а розчарування може призвести до ще гірших результатів

Джерело: сформовано автором на основі [28; 29, с. 27–31]

Таблиця М.3

Основні параметри трьох ініціатив «наскрізних» європейських технологічних платформ (ЄТП) з розвитку конвергентних технологій в ЄС до 2020 р.

1	2	3	4
Основні параметри	Ініціатива наскрізної ЄТП наномайбутнього (NANO-futures initiative)	Ініціатива наскрізної ЄТП споживчого ринку (Consumer Goods Cross-ETP, ConXERT)	Ініціатива наскрізної ЄТП виробничої безпеки (Cross-ETPIS Initiative on Industrial Safety)
<p>Мета</p>	<p>NANO-futures є платформою технологічної інтеграції та інновацій, мульти-секторною, наскрізною, інтеграційною платформою, яка має за мету підключення та встановлення співпраці, а також представлення технологічних платформ, які потребують нанотехнологій для свого виробництва і продукції</p>	<p>ConXERT враховує потреби і бажання споживачів, сприяючи розвитку інноваційних продуктів і послуг, що випливають з нових матеріалів і технологій, систем виробництва і виробничо-збутових ланцюжків, бізнес-моделей і творчості</p>	<p>ETPIS спрямована на забезпечення безпеки устаткування і систем виробництва різних галузей промисловості: виробництва (у т. ч. хімічної, нафто- і газопереробної, фармацевтичної, галузей), будівель, транспортних систем і пов'язаних з ними структурних компонентів</p>
<p>Основні функції</p>	<p>NANO-futures та її оперативна гілка NANO-futures-асоціація виступають як «Нано-хабу», пов'язуючи Спільні технологічні ініціативи (Joint Technology Initiatives, JTIs)*, асоціації, ЄТП з групами експертів для спільної роботи</p>	<p>Основна увага дослідженням та інновації в області споживчих товарів за таким:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ створення європейської мережі і критичної маси зацікавлених з усіх залучених секторів і наукових областей; ▪ виявлення ключових тенденцій і проблем у галузі досліджень, технологій та інновацій; ▪ створення експертної спільноти, здатної підтримувати дорожню карту реалізації у рамках спільних проектів; ▪ розробка і прийняття Закону як основного документа для вирішення питань, пов'язаних зі сферою науки та інновацій для споживчих товарів разом з Європейською комісією 	<p>ETPIS займається охороною праці та безпекою працівників у промисловості, екологічною безпекою та запобіганням великим аваріям з наслідками для навколишнього середовища</p>

Закінчення табл. М.3

1	2	3	4
<p>Напрямами роботи</p>	<p>NANOfigures у своїй основі відкрита для промисловості, малого та середнього бізнесу, громадських організацій, фінансових інститутів, науково-дослідних інститутів, університетів і громадянського суспільства із залученням держав-членів на національному та регіональному рівнях. Це середовище, в якому всі ці різні суб'єкти здатні взаємодіяти і вийти зі спільним баченням щодо перспективних нанотехнологій. NANOfigures співпрацюють з ЄПП на основі Меморандуму про взаєморозуміння</p>	<p>Робоча програма H2020 LEIT ІКТ на 2016-2017 рр. включає запити щодо Великомасштабних пілотних проєктів зі створення Інтернету речей:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ інтелектуальні середовища проживання для гідної старості; ▪ «розумне» сільське господарство і продовольча безпека; ▪ предмети одягу для «розумних» екосистем; ▪ еталонні зони в містах ЄС; ▪ автономні транспортні засоби в підключеному до Інтернет середовищі; ▪ управління водними ресурсами для «еластичних» (розумних) міст 	<p>ETPIS працює за 3 напрямками:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Звичайні ризики</i>, поліпшення показників безпеки у всіх галузях промисловості, а також зменшення впливу аварій з урахуванням технічних, людських, організаційних і культурних аспектів, і поточними методами впровадження для управління безпекою польотів; ▪ <i>Виняючі ризики</i>, які супроводжують інноваційну галузь, щоб скоротити час на впровадження на ринок ЄС і досягти суспільного визнання нових технологій і продуктів; ▪ <i>Технології безпеки</i>, продукція і послуги, що гарантують лідерство безпеки ЄС на засоби індивідуального захисту, систем безпеки, контролю і управління

* Спільні технологічні ініціативи (Joint Technology Initiatives, JTIs) є державно-приватними партнерствами за участю промисловості, науково-дослідного співтовариства і державних органів для реалізації спільних цілей дослідження. Вони є частиною програми «Горизонт 2020».

Джерело: сформовано автором на основі [342]

Знакові події в Європейському дослідницькому просторі за 2015–2016 рр.

Дата проведення	Характеристика події в ЄДП
Лютий 2015 р.	Консультація з науковою громадою та політиками країн щодо цифрової науки (тепер – Відкритої науки) згідно з концепцією 2013 р. для «Горизонт 2020» (ERAC)
Квітень 2015 р.	Прийняття Дорожньої карти ЄДП на засіданні ERAC. При цьому вже був призначений представник України в ERAC
Травень 2015 р.	Прийняття Дорожньої карти ЄДП на 2015–2020 рр. на засіданні Ради з конкурентоспроможності ЄС. Завдання – імплементувати цю Дорожню карту на національних рівнях країн-членів та асоційованих країн. Термін – до кінця 2015 р. (потім було подовжено до квітня 2016 р.)
Червень 2015 р.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Конференція «Новий старт Європи: Відкриття «ЕРІ інновацій» (ERA of Innovation) – декларована побудова ЄДП, перехід до імплементатії на національних рівнях та етапу використання ЄДП для інновацій; ▪ визначені три пріоритети в доповіді керівника DG research, які стали також пріоритетами Європейського Єдиного цифрового ринку: Відкриті Інновації, Відкрита наука, Відкритість до світу; ▪ прийнято першу концепцію (за доповіддю лідера Helix-Nebula – The science cloud) побудови Європейської хмари відкритої науки до березня 2016 р.
Вересень 2015 р.	Формування політики з використання е-інфраструктур для Відкритої науки (e-IRG) – засідання ERAC у Лондоні щодо шляхів імплементатії дорожньої карти ЄДП на національному рівні
Листопад 2015 р.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Публікація звіту міжнародної експертної оцінки стану Національної дослідницької системи Болгарії і рекомендації щодо її розвитку (ERAC); ▪ оцінювання e-Infrastructure Commons, що будується (e-IRG)
Грудень 2015 р.	Конференція в Лунді і оновлення Лундської декларації 2009 р., що була визначною віхою в розвитку ЄДП та формування програми «Горизонт 2020»
Лютий 2016 р.	Рекомендації експертів ERAC з будівництва системи відкритого доступу до даних досліджень
Березень 2016 р.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Інтеграція та інтероперабельність Європейських та національних е-інфраструктур, визначення моделей фінансування (e-IRG); ▪ представлення нової Дорожньої карти Європейських дослідницьких інфраструктур (ESFRI); ▪ спільне засідання ESFRI/e-IRG щодо використання потужностей е-інфраструктур для дослідницьких інфраструктур
22 квітня 2016 р.	Фінальне засідання ERAC щодо обговорення представлених національних дорожніх карт ЄДП 2015–2020 та підготовка до Міністерської конференції ЄС на травень
27 травня 2016 р.	Міністерська конференція ЄС, на якій було затверджено загальну Дорожню карту ЄДП 2015–2020

Джерело: сформовано автором на основі [354]

Таблиця М.5

Пріоритети розвитку системи досліджень та умов її використання для інновацій в ЄС, визначені Дорожньою картою ЄДП 2015–2020 рр.

Пріоритет	Зміст
Розумне управління науковою сферою	Управління наукою на основі вільної комунікації та партнерства науки з владою, бізнесом та громадянським суспільством
Впровадження європейських стандартів з міжнародного оцінювання якості досліджень та їх ефективності	Проведення оцінювання у випадках проектного та інституційного фінансування. Знаходження адекватного для національної системи співвідношення між проектним та інституційним фінансуванням досліджень
Формування мети розвитку наукової сфери	Формування мети має забезпечити концентрації зусиль на національному рівні для її досягнення та уникнення фрагментації зусиль (наприклад, вирішення головних соціальних проблем та глобальних викликів)
Створення сучасної дослідницької інфраструктури	Дослідницька інфраструктура повинна забезпечувати досягнення мети та інтеграції (наприклад, асоційованих членів) до Європи та Світу. Спільні дорожні карти дослідницьких інфраструктур
Визначення на міжнародному рівні спільного бачення щодо вирішення пріоритетних напрямів	Запровадження спільного фінансування проектів, стандартів оцінювання якості досліджень та процедур спільного використання досліджень (наприклад, Joint Programming Initiatives, Framework Program «Horizon 2020»)
Мобільність та кар'єрне зростання дослідників	Запровадження меритократичного принципу найму на роботу дослідників та конкуренція із залучення кращих талантів на глобальному ринку. Впровадження принципів інноваційної докторської (PhD) підготовки
Впровадження принципів відкритої науки	Відкрита наука, заснована на відкритих e-інфраструктурах: відкритість публікацій, даних та їх повторного використання, механізми для забезпечення інтенсивного обміну професійними знаннями
Впровадження відкритих інновацій	Відкриті інновації за моделлю чотирьох спіралей включно (наука, влада, бізнес, суспільство) – Open Innovation 2.0 та узгодження із збереженням прав інтелектуальної власності
Впровадження стратегії розумної спеціалізації	Стратегія розумної спеціалізації передбачає використання та доставку глобальної науки до локальних кластерів інноваційного бізнесу

Джерело: сформовано автором на основі [356]

Таблиця М. 6

Проект основних пріоритетів і заходів Дорожньої карти ЄДП в Україні

Пріоритет	Мета	Заходи
1	2	3
1. Підвищення ефективності національних дослідницьких систем	Створити національний дослідницький простір, прозорість, доступність та ефективність якого забезпечує внутрішні та зовнішні інвестиції в розвиток науки, розробки та інновації	<p>1.1. Укладання партнерства (угоди) між Кабінетом Міністрів України, Національними академіями наук щодо надання мандату Національній академії наук України представляти інтереси України у стратегічних групах Європейського дослідницького простору та Програмному комітеті «Горизонт 2020». В угоді мають бути закладені механізми взаємодії між урядом та науковою громадою, фінансування урядом плану дій та заходи законодавчого і регуляторного забезпечення участі України в ЄДП;</p> <p>1.2. Створення механізмів партнерства між органами виконавчої влади та наукової громади, для чого на законодавчому рівні створення двопалатної Національної ради з науки та технологій, яка повинна розробити стратегію створення та функціонування національного дослідницького простору та його інтеграції до ЄДП;</p> <p>1.3. Створення постійно діючого Координаційного комітету ЄДП при Національній раді з науки і технологій. Комітет має складатися з експертних груп, які будуть підтримувати участь представників України в стратегічних групах ЄДП та програмному комітеті та підгрупах програми «Горизонт 2020». У Державному бюджеті необхідно закласти витрати на діяльність Комітету та представників в групах ЄДП;</p> <p>1.4. Проведення оцінювання інституцій (наукових установ та вищих навчальних закладів), що мають базове фінансування, за процедурою та участю Європейської наукової асоціації (European Science Foundation, ESF) з використанням найкращих останніх практик (наприклад, англійської системи оцінювання якості досліджень в університетах – REF-2014 або німецької системи оцінювання наукових інститутів – Товариство Лейбніца, Товариство Макса Планка);</p> <p>1.5. Розробка і запровадження процедури експертної оцінки конкурсів за найкращими практиками фондів ERC, DFG, Гумбольдта, DAAD для різних фінансових інструментів – від конкурсів для окремих вчених до конкурсів для дослідницьких інфраструктур та Центрів передового досвіду. Впровадження процедури за найкращими практиками для Національного фонду досліджень, а також для інших розпорядників державних коштів. Дотримання до міжнародних баз експертів та створення національної бази експертів як частини європейської</p>

Продовження табл. М.6

1	2	3
<p>2. Оптиміальне міжнародне співробітництво, в тому числі:</p>	<p>Планування оновлених державних цільових науково-технічних програм (ДЦНП), з огляду на статус асоційованої країни, за участю у спільній ініціативі з ЄС (Joint Programming Initiatives) та її десяти стратегій з метою доведення ДЦНП до певного результату світового рівня та його спільного використання</p>	<p>2.1. Узгодження ДЦНП зі спільними програмними ініціативами ЄС через спільну участь у групі GPC. Забезпечення обміну інформацією з експертною групою в Україні. Розробка законодавчих ініціатив щодо забезпечення реалізації міждержавних проектів «Гроші ходять за людиною» та «Гроші ходять за проектом», а також спільного фінансування. Узгодження процедури використання спільних досліджень, розробки нових програм та процедур експертної оцінки програм;</p> <p>2.2. Вирішення на законодавчому рівні або шляхом зміни регуляторних актів КМУ безперешкодне функціонування українських інституцій в якості хоста консорціуму «Горизонт 2020». Це стосується такого: введення пільг із ПДВ, акцизу та звільнення від закону про держзакупівлі, визнання електронного контракту установами банку, державним казначейством, контрольно-ревізійним управлінням, податковими інспекціями. Національний банк повинен спростити перерахування валюти в Україну та за межі України юридичним особам-виконавцям в межах виконання контракту або гранту. Внесення змін до законодавства щодо можливості сплати державними установами штрафних санкцій до ЄС за наступком фінансового аудиту виконання програми Горизонт 2020 навіть через п'ять років після закінчення дії програми (до 2025 р.). Розробка положення про функціонування міжнародного консорціуму;</p> <p>2.3. Забезпечення конкурентоспроможної мотивації українських вчених та IT-фахівців, які працюють в державних установах. Встановлення на законодавчому рівні звичайних умов оплати праці, які забезпечать максимально можливе використання коштів гранту для їх мотивації (оплата праці за звичайними умовами складається із базового фінансування в розмірі тарифних окладів та коштів, одержаних за грантами). Необхідність зняття прив'язки праці науковців та IT-фахівців, які націлені на одержання наукового чи науково-технічного результату, до витраченого часу.</p> <p>2.4. Введення в законодавче поле поняття «дослідницька інфраструктура» та положення про неї. Розробка вимог до них та процедури фінансування на всіх етапах розвитку: створенні, будівництва, підтримки функціонування та ліквідації. Передбачення в щорічних бюджетах витрати на сплату членських внесків до Європейських дослідницьких інфраструктур (за Дорожньою картою ЄДП (ERA) сьогодні існує 48 дослідницьких інфраструктур, з яких 19 – у формі ERIC).</p>
<p>2А. Формування пріоритетних напрямів розвитку цільових науково-технічних програм</p>	<p>Планування оновлених державних цільових науково-технічних програм (ДЦНП), з огляду на статус асоційованої країни, за участю у спільній ініціативі з ЄС (Joint Programming Initiatives) та її десяти стратегій з метою доведення ДЦНП до певного результату світового рівня та його спільного використання</p>	<p>2.1. Узгодження ДЦНП зі спільними програмними ініціативами ЄС через спільну участь у групі GPC. Забезпечення обміну інформацією з експертною групою в Україні. Розробка законодавчих ініціатив щодо забезпечення реалізації міждержавних проектів «Гроші ходять за людиною» та «Гроші ходять за проектом», а також спільного фінансування. Узгодження процедури використання спільних досліджень, розробки нових програм та процедур експертної оцінки програм;</p> <p>2.2. Вирішення на законодавчому рівні або шляхом зміни регуляторних актів КМУ безперешкодне функціонування українських інституцій в якості хоста консорціуму «Горизонт 2020». Це стосується такого: введення пільг із ПДВ, акцизу та звільнення від закону про держзакупівлі, визнання електронного контракту установами банку, державним казначейством, контрольно-ревізійним управлінням, податковими інспекціями. Національний банк повинен спростити перерахування валюти в Україну та за межі України юридичним особам-виконавцям в межах виконання контракту або гранту. Внесення змін до законодавства щодо можливості сплати державними установами штрафних санкцій до ЄС за наступком фінансового аудиту виконання програми Горизонт 2020 навіть через п'ять років після закінчення дії програми (до 2025 р.). Розробка положення про функціонування міжнародного консорціуму;</p> <p>2.3. Забезпечення конкурентоспроможної мотивації українських вчених та IT-фахівців, які працюють в державних установах. Встановлення на законодавчому рівні звичайних умов оплати праці, які забезпечать максимально можливе використання коштів гранту для їх мотивації (оплата праці за звичайними умовами складається із базового фінансування в розмірі тарифних окладів та коштів, одержаних за грантами). Необхідність зняття прив'язки праці науковців та IT-фахівців, які націлені на одержання наукового чи науково-технічного результату, до витраченого часу.</p> <p>2.4. Введення в законодавче поле поняття «дослідницька інфраструктура» та положення про неї. Розробка вимог до них та процедури фінансування на всіх етапах розвитку: створенні, будівництва, підтримки функціонування та ліквідації. Передбачення в щорічних бюджетах витрати на сплату членських внесків до Європейських дослідницьких інфраструктур (за Дорожньою картою ЄДП (ERA) сьогодні існує 48 дослідницьких інфраструктур, з яких 19 – у формі ERIC).</p>
<p>2Б. Ефективне інвестування в дослідницькі інфраструктури</p>	<p>Планування оновлених державних цільових науково-технічних програм (ДЦНП), з огляду на статус асоційованої країни, за участю у спільній ініціативі з ЄС (Joint Programming Initiatives) та її десяти стратегій з метою доведення ДЦНП до певного результату світового рівня та його спільного використання</p>	<p>2.1. Узгодження ДЦНП зі спільними програмними ініціативами ЄС через спільну участь у групі GPC. Забезпечення обміну інформацією з експертною групою в Україні. Розробка законодавчих ініціатив щодо забезпечення реалізації міждержавних проектів «Гроші ходять за людиною» та «Гроші ходять за проектом», а також спільного фінансування. Узгодження процедури використання спільних досліджень, розробки нових програм та процедур експертної оцінки програм;</p> <p>2.2. Вирішення на законодавчому рівні або шляхом зміни регуляторних актів КМУ безперешкодне функціонування українських інституцій в якості хоста консорціуму «Горизонт 2020». Це стосується такого: введення пільг із ПДВ, акцизу та звільнення від закону про держзакупівлі, визнання електронного контракту установами банку, державним казначейством, контрольно-ревізійним управлінням, податковими інспекціями. Національний банк повинен спростити перерахування валюти в Україну та за межі України юридичним особам-виконавцям в межах виконання контракту або гранту. Внесення змін до законодавства щодо можливості сплати державними установами штрафних санкцій до ЄС за наступком фінансового аудиту виконання програми Горизонт 2020 навіть через п'ять років після закінчення дії програми (до 2025 р.). Розробка положення про функціонування міжнародного консорціуму;</p> <p>2.3. Забезпечення конкурентоспроможної мотивації українських вчених та IT-фахівців, які працюють в державних установах. Встановлення на законодавчому рівні звичайних умов оплати праці, які забезпечать максимально можливе використання коштів гранту для їх мотивації (оплата праці за звичайними умовами складається із базового фінансування в розмірі тарифних окладів та коштів, одержаних за грантами). Необхідність зняття прив'язки праці науковців та IT-фахівців, які націлені на одержання наукового чи науково-технічного результату, до витраченого часу.</p> <p>2.4. Введення в законодавче поле поняття «дослідницька інфраструктура» та положення про неї. Розробка вимог до них та процедури фінансування на всіх етапах розвитку: створенні, будівництва, підтримки функціонування та ліквідації. Передбачення в щорічних бюджетах витрати на сплату членських внесків до Європейських дослідницьких інфраструктур (за Дорожньою картою ЄДП (ERA) сьогодні існує 48 дослідницьких інфраструктур, з яких 19 – у формі ERIC).</p>

Продовження табл. М.6

1	2	3
<p>3. Забезпечення вільного ринку праці дослідників, підвищення їх мобільності</p>	<p>є єдиною можливістю підвищити рівень інфраструктури для досліджень через доступ до сучасного обладнання, обчислювальних ресурсів, баз даних та центрів компетенції світового рівня</p>	<p>Розробка Дорожньої карти національних дослідницьких інфраструктур та участь – на протязі першого року (2016 р.) у 3 тематичних дослідницьких інфраструктурах, на протязі другого року (2017 р.) у 10 інфраструктурах. Зняття бар'єрів для доступу до дослідницьких інфраструктур. Узгодження бачення, розвитку та обмін інформацією з іншими країнами та ЄС у цілому на засіданнях ESFRI, ERIC та e-IRG (для електронних інфраструктур). Вступ до головних Європейських електронних інфраструктур повноправним членом: EGI, Helix-Nebula, RPACE, GEANT, EUDAT;</p> <p>2.5. Введення в законодавче поле поняття Центрів Передового досвіду (Centres of Excellence), розробити положення та вимоги до них. Розробка процедур фінансування центрів та інтеграції до Європейських мереж Centres of Excellence за програмою Розумної спеціалізації. Створення Міжнародного Океанографічного центру (замість втраченого Кримського наукового центру), який із часом має набути статус Centre of Excellence з радіаційного моніторингу та екологічної безпеки в Дніпровсько-дунайському басейні та Чорному морі;</p> <p>2.6. Разом із введенням положення про дослідницькі інфраструктури – розробка і прийняття закону про імплементацію (визнання) Консорціуму Європейських дослідницьких інфраструктур (ERIC). Розробка дорожньої карти створення національних частин ERIC за існуючими в ЄС напрямками (в першу чергу, фізики, структурної біології, трансляційної медицини, конвергентних технологій та соціальних досліджень), а також забезпечення їх підтримки з боку держави своєчасними членськими внесками. Приєднання до Європейського кодексу про вступ до дослідницьких інфраструктур національних та міжнародних користувачів. Забезпечення права інтелектуальної власності у відкритих дослідницьких інфраструктурах</p>
<p>Розвиток сучасної, якісної, інтегрованої у міжнародний науковий та освітній простір науки, яка була б запорукою стрімкого розвитку економіки на основі нових власних інноваційних технологій</p>	<p>Розвиток сучасної, якісної, інтегрованої у міжнародний науковий та освітній простір науки, яка була б запорукою стрімкого розвитку економіки на основі нових власних інноваційних технологій</p>	<p>3.1. Створення Української служби академічних обмінів, яка має функціонувати на нових засадах і принципах, з метою створення конкурентного середовища не тільки для науковців, але й для грантодавачів, що означає конкуренцію між відповідними експертизами проєктів та грантів. Реалізація нового механізму грантової підтримки наукових проєктів молодих вчених, сформованого на засадах відкритості та прозорості конкурсів, незалежної експертизи, невтручання держави в наукове самоврядування, буде відбуватися за аналогією існування DAAD в Німеччині: через створення громадської організації, засновниками якої мають бути юридичні особи – університети та науково-дослідні організації. Основними інструментами Української служби академічних обмінів мають бути підтримка мобільності молодих науковців як всередині країни, так і їх стажування за кордоном. Крім</p>

1	2	3
	<p>того, важливим є створення програми постдоків. Такі інструменти не тільки б сприяли вирішенню питання «першого місця» наукової роботи після отримання молодим науковцем вченого ступеня, але й створювали б умови для конкуренції при отриманні таких позицій найкращими молодими вченими;</p> <p>3.2. Зняття юридичних та інших бар'єрів, які ускладнюють міжнародний доступ і мобільність національних грантів. Підтримка реалізації Декларації щодо зобов'язання забезпечити скоординовану персоналізовану інформацію та послуги дослідникам через загальноєвропейську мережу EURAXESS, створення національного порталу EURAXESS. Підтримка встановлення і виконання структурованих інноваційних докторських програм навчання, які застосовують Європейські «Принципи Інноваційного докторського навчання». Введення цих програм до конкурсного фінансування через Національний фонд досліджень;</p> <p>3.3. Створення платформи для реалізації Стратегії HR для Дослідників (Human Resources Strategy for Researchers)</p>	<p>4.1. Участь у партнерствах з фінансовими агентствами, дослідницькими організаціями та університетами з метою сприяння інституційним і культурним змінам гендеру у статутах, угодах про роботу, преміях;</p> <p>4.2. Гарантування, принаймні, 40 % представництва жінок в комітетах при залученні до вербування / просування по службі, при створенні та оцінці програм досліджень</p>
<p>4. Гендерна рівність</p>	<p>Створення юридичного і політичного середовища, яке забезпечить зняття бар'єрів при вербуванні, постійній роботі та просуванні по службі жінок-дослідників</p>	<p>5.1. Прийняття державної стратегії «Відкрита наука» на основі розвиненої в ЄС парадигми цифрової науки. Впровадження інструментів цифрової науки має підвищити ефективність існуючого потенціалу державної науки і перейти до формулювання національної стратегії передачі знань між державним і приватним секторами в рамках парадигми «Відкриті інновації». Стратегія повинна дати відповідь на питання щодо уникнення корупційної складової в цьому процесі;</p> <p>5.2. Прийняття і реалізація національної стратегії електронних ідентифікацій даних дослідників, що дають міжнародний доступ до цифрових сервісів для проведення досліджень. Розвиток Національної Grid-інфраструктури надає можливість українським вченим випробувати європейську систему авторизації та репозитарія сертифікатів публічних організації Європи для е-науки (European Policy Management Authority for Grid</p>
<p>5. Оптимальний обмін, доступ і передача наукових знань</p>	<p>Визначення і координація спільної політики щодо доступу та збереження наукової інформації, можливість інтеграції з європейськими системами зберігання наукової інформації та сумісності їх стандартів</p>	

Продовження табл. М.6

1	2	3
6. Міжнародне співробітництво європейських країн-членів та асоційованих країн з третіми країнами	Зміна парадигми співробітництва з двосторонньою на багатосторонню у складі ЄС, що надасть додаткові переваги для України	<p>Authenticisation in e-Science, а завдяки науково-освітній мережі URAN – систему eduGAIN для публічних та комерційних організацій;</p> <p>5.3. Реалізація процедур відкритого доступу «GOLD» – відкритий доступ до публікацій та «GREEN» – відкритий доступ через власну архівацію для публікацій та даних</p> <p>6.1. Використання потенціалу вже створених і успішно реалізованих спільних проєктів, в тому числі: (1) створення взаємодії Національної ґрід-інфраструктури з Open Science Grid (USA) та Європейською ґрід -інфраструктурою; (2) розробка спільних тематичних проєктів з питань екології та прогнозування стихійного лиха, де вже розвивається співробітництво з Японією щодо прогнозування наслідків трагедії у Фукусімі; (3) створення спільної колаборації з вивчення стресу як наслідку військових дій, де можуть бути задіяні вчені з обробки зображень головного мозку зі США, Канади та Європи (зокрема, нідерландські вчені щодо знайденого ними біомаркери стресу) та українські лікарі, що мають багатий досвід лікування стресу;</p> <p>6.2. Визначення переліку першочергових заходів та європейських організацій-партнерів для реалізації Дорожньої карти ЄДП 2015–2020 в Україні, в тому числі:</p> <p>6.2.1. Укладення додаткової Угоди між ЄС і Україною щодо надання послуг ідентифікаційного комітету, до складу якого входять авторитетні іноземні вчені, що вже мають досвід у роботі подібних ідентифікаційних комітетів під час обрання членів Європейської дослідницької ради, для відбору членів Наукового комітету Національної ради з науки, техніки та інновацій України. Вказана угода є необхідним елементом відбору найкращих вчених України для запобігання конфлікту інтересів при обранні майбутнього найавторитетнішого органу;</p> <p>6.2.2. Зaproвадження Європейських стандартів експертизи проєктів, що включають використання різних фінансових інструментів від короткотермінових (на рік) конкурсів для індивідуальних вчених до експертної оцінки довготермінових проєктів дослідницьких інфраструктур та центрів передового досвіду, з метою створення одного з суттєвих елементів підвищення ефективності української національної дослідницької системи. Для цього необхідне тісне співробітництво з European Science Foundation (ESF);</p> <p>6.2.3. Організація міжнародної експертизи (бази експертів) та експертної процедури з оцінки якості досліджень у різних інституціях (науково-дослідних організаціях, вищих навчальних закладах) на основі досвіду проведення таких оцінювань, наприклад, англійської команди з оцінювання якості досліджень в університетах REF-2014 та німецької системи оцінювання наукових інститутів – Товариства Лейбніца, Товариства Макса Планка разом з ESF, що дозволить забезпечити прояви конфлікту інтересів;</p>

Закінчення табл. М.6

1	2	3
		<p>6.2.4. Запровадження дослідницьких університетів європейського типу як складової мережі європейських дослідницьких університетів і як елементу розвитку ЄДП в Україні. При цьому доцільне співробітництво з Лігою європейських дослідницьких університетів (LERI), що мають найкращий досвід світового рівня;</p> <p>6.2.5. Організація системи роботи Національного дослідницького фонду як важливого інструменту з підтримки національного дослідницького простору в Україні та його інтеграції до ЄДП. Для цього на етапі становлення Фонду доцільне співробітництво з Science Europe та організаціями, які фінансують наукові дослідження в ЄС, що дозволять найкращим чином вирівнювати процедури фінансування між країнами;</p> <p>6.2.6. Для розвитку міждисциплінарних досліджень (перш за все у галузі конвергентних технологій), кооперації на міжнародному рівні, забезпечення фахової експертизи вищого рівня і взагалі інтеграції до ЄДП необхідна участь представників органів влади України, що фінансують дослідження, а також наукових експертів в групах, що мають відношення до ЄДП, а саме: (1) European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI), e-Infrastructure Relection Group (e-IRG) та комітеті з супроводження ERIC; (2) міждержавних експертних робочих групах з імплементації різноманітних організаційних форм та розробки дорожніх карт дослідницьких інфраструктур та центрів передового досвіду з урахуванням Стратегії розумної спеціалізації;</p> <p>6.2.7. Узгодження встановлених законом України пріоритетних напрямків науково-технічного розвитку, на основі яких розробляються Державні цільові науково-технічні програми, а також узгодження цих ДЦНТП з аналогічними програмами інших держав ЄС дозволить підвищити результативність їх виконання та корисний ефект при спільному використанні результатів. Для цього необхідне узгодження бачення програм та вирівнювання процедур з їх оцінки в рамках комітету GPC;</p> <p>6.2.8. Зняття перешкод із залучення до вільного ринку дослідників, запровадження кодексів із найму фахівців, страхового пенсійного забезпечення для мобільних вчених стане можливим за умов участі України в групі Steering Group on Human Resources and Mobility (SGHRM);</p> <p>6.2.9. Запровадження індикаторів оцінки участі України в ЄДП, співпраця з системою моніторингу результатів інтеграції в ЄДП можливі тільки за участі України в комітеті ЄДП (ERAC)</p>

Джерело: сформовано автором на основі [406]

Основні компоненти інноваційної екосистеми України та їх основні функції згідно з проектом Стратегії розвитку високотехнологічних галузей України до 2025 р.

Компонент	Складові	Основні функції
1	2	3
Інституційний	Академічна та дослідницька інфраструктура	Наукові та дослідні інститути, що проводять фундаментальні та прикладні наукові дослідження та створюють основу для подальшого інноваційного розвитку
	Бізнес-інфраструктура та сервіси	Розвиток бізнес-інфраструктури та послуг, у тому числі і допоміжних бізнес-сфер і функцій
	Торговельні та промислові організації	Ці організації можуть виконувати різні функції, але їх кількість є явною ознакою розвинутого ринку
Людський капітал	Підприємництво	Розвиток підприємницьких якостей у молоді та заохочення талановитих новаторів комерціалізувати свої ідеї і починати бізнес
	Розвиток сфери освіти та підготовка кадрів	Покращення якості освіти, забезпечення доступу до кращих освітніх програм і підтримка освітніх ініціатив
	Рольові моделі	Успішні підприємці мають помітний вплив як зразки для наслідування і наставники та відіграють важливу роль у залученні молодих людей до своєї галузі і у формуванні підприємницької культури
	Ідеї та винаходи	Розвиток інноваційної культури, що стимулюватиме винахідників на створення нових технологій і продуктів
	Таланти	Створення умов для утримування та приваблювання талановитих винахідників і підприємців в Україну, надання їм можливості реалізувати свої таланти і отримувати з них вигоду
	Тренери та наставники	Забезпечення кваліфікованої експертної допомоги для підприємців та розвиток культури, за якої досвідчені підприємці самі ставатимуть наставниками для своїх молодших колег
	Культура	Створення такої культури допоможе новаторам розробляти, формувати і реалізувати свої ідеї в продуктах, а також заохочуватиме молодь до пошуку нових інноваційних ідей
Економічний	Доступ до глобального ринку	З впровадженням Угоди про асоціацію України та ЄС та інших торгових угод, які Україна ратифікувала, міжнародні ринки стають все більш доступними. Але вихід на зовнішній ринок часто є складним завданням для бізнесу, а отже, інноваційні підприємства потребують допомоги і підтримки
	ІКТ інфраструктура	Розвиток ІКТ-інфраструктури, що є ключовим фактором для підвищення інноваційної активності та корелює з показниками розвитку інновацій та конкурентоспроможності

Закінчення табл. М.7

1	2	3
Фінансовий	Розумні гроші	Доступ до фінансування на всіх етапах розвитку інновацій. З точки зору фінансів стратегія уряду повинна мати два напрямки: залучення венчурного капіталу в країну і підтримка інноваційних підприємств на ранніх стадіях, коли розрив у фінансуванні не може бути перекритий за рахунок приватного капіталу

Джерело: сформовано автором на основі [420]

Таблиця М.8

Пропозиції щодо основних програм реалізації Стратегії розвитку високотехнологічних галузей до 2025 року, які створюють передумови для інноваційного розвитку економіки України

Назва програми	Мета програми	Очікувані результати програми
1	2	3
Офіс Високих Технологій (High Tech Office)	Підтримка та стимулювання розвитку інноваційних підприємств і стартапів шляхом надання фінансування та необхідної експертної і технічної допомоги на всіх стадіях розвитку інновацій від ідеї до кінцевого продукту	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Вдосконалення законодавства у сфері розвитку інновацій; ▪ вдосконалення законодавства щодо інструментів фінансування розвитку інновацій; ▪ посилення захисту прав інтелектуальної власності, стимулювання їх реєстрації в Україні; ▪ спрощення доступу до фінансування для інноваційних підприємств і стартапів; ▪ посилення співпраці з місцевою владою та бізнесом з підтримки інновацій; ▪ фінансування інноваційних проєктів на ранніх ризикованих стадіях та зростання кількості інноваційних компаній в Україні; ▪ створення «мануфактури» стартапів та підсилення індустрії венчурного капіталу; ▪ мотивування інноваторів та підприємців створювати і вести бізнес в Україні
Розвиток експортно-орієнтованої інноваційної екосистеми	Розвиток експорту високотехнологічної продукції та послуг, інтеграцію України у світовий науково-технічний інформаційний простір та закладання основ для розвитку високіх технологій в Україні	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Поглиблення науково-технічної співпраці між Україною та розвиненими країнами, зростання кількості спільних наукових досліджень і розробок; ▪ посилення і розвиток зав'язків між українськими та іноземними вченими; ▪ зростання частки високотехнологічної продукції та послуг у загальній структурі експорту; ▪ гармонізація національних стандартів у високотехнологічних галузях з міжнародними стандартами; ▪ зростання наукової та дослідницької активності
Цифровий порядок денний для України (Digital Agenda)	Створення та впровадження цифрового порядку денного для України, що включатиме як розвиток ІКТ-інфраструктури, так і «цифровізацію» державного сектора та економіки в цілому	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Зростання рівня проникнення швидкісного широкопasmового доступу до мережі Інтернет; ▪ зниження «цифрової нерівності»; ▪ модернізація державного управління шляхом оптимізації та автоматизації бізнес-процесів; ▪ формування стратегії швидкого переходу до Індустрії 4.0

1	2	3
«Залучення» інноваційних ТНК (Welcome MNC)	Заохочення світових високотехнологічних лідерів до розвитку виробництва та проведеного наукових досліджень в Україні. Включає у себе два аспекти, а саме: цілеспрямовану роботу з провідними світовими компаніями та вдосконалення механізмів трансферу технологій	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Створення нових робочих місць у високотехнологічних галузях та у суміжних сферах; ▪ впровадження сучасних інноваційних технологій та підвищення кваліфікації українських фахівців; ▪ створення ефективної системи трансферу технологій; ▪ посилення співпраці наукових організацій, ВНЗ та бізнесу; ▪ зростання інвестиційної привабливості України
«Високотехнологічна» нація (High Tech Nation)	Популяризація технологій і науки та спеціалізації STEM серед молоді, підвищення якості підготовки спеціалістів та створення умов для утримання талантів в Україні та приваблення талановитої молоді з-за кордону	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Модернізація навчальних програм у вищих навчальних закладах з акцентом на цифрові технології; ▪ зниження рівня «відтоку мозків» за кордон; ▪ зростання кількості іноземців, що навчаються та створюють інноваційні бізнеси в Україні

Джерело: сформовано автором на основі [420]

Таблиця М.9

Основні характеристики науково-освітніх центрів (НОЦ) з розвитку конвергентних технологій у країнах світу

База утворення центрів		Структурні елементи		Передумови віднесення до НОЦ	Підтримка		
Платформа формування	Складові	Тип структури	Основний елемент		3 якії сторони	Заходи	
1	2	3	4	5	6	7	
1. Освітня плат-форма	<p>В рамках дослідницьких університетів:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ програми спільних досліджень з промисловістю, угоди з компаніями; ▪ технопарки, бізнес-парки і наукові парки навколо університетів; ▪ стартапи; ▪ центри технологічного ліцензування; ▪ бізнес-інкубатори і спеціалізовані служби підтримки фондів і компаній венчурного інвестування; ▪ бізнес-школи, центри розвитку підприємництва, підрозділи інженерних і прикладних наук 	1. Базова структура	Дослідницький університет (класичний, технічний) або дослідницький центр/лабораторія	1. Одержання державних грантів на виконання робіт в області конвергентних технологій 2. Одержання грантів на виконання досліджень 3. Залучення додаткових коштів і фондів цільових програм корпорацій 4. Наявність спеціального обладнання 5. Спеціалізація центру у конвергентних технологіях	1. Держави 2. Місцевої влади	Стимулювання пріоритетних напрямів досліджень в області конвергентних технологій Розміщення замовлень і фінансування	
		2. Наукова структура	Дослідницькі лабораторії				3. Керівництва університетів і лабораторій
		3. Освітня структура	Факультети / кафедри з бакалаврськими, магістерськими, аспірантськими (PhD) програмами і спеціальними дослідницькими і навчальними циклами для школярів і викладачів				
						Забезпечення умов роботи, соціальних умов, забезпечення обладнанням, патентування, ліцензування, передача ліцензій, комерціалізація одержаних результатів, стимулювання публікацій	

Закінчення табл. М.9

1	2. Корпоративна платформа	3	4	5	6	7
2. Корпоративна платформа	<p>В рамках великих корпорацій:</p> <ul style="list-style-type: none"> корпоративні інноваційні університети; програми навчання використанню й комерціалізації інноваційних продуктів 	<p>4. Бізнес-інфраструктура забезпечення</p>	<p>Підрозділи технологічного ліцензування, програми спільних досліджень з промисловістю, бізнес-школи, центри підприємництва, венчурні фонди</p>	<p>6. Наявність у штаті одного або групи спеціалістів, які мають видатні досягнення в області конвергентних технологій;</p> <p>7. Відповідність профілю університету напрямом досліджень з конвергентних технологій</p>	<p>4. Бізнесу</p> <p>5. Наукового співтовариства</p>	<p>Матеріальна допомога, придбання технологій, система грантів, прийом спеціалістів на стажування</p> <p>Мережі і товариства, що забезпечують регулярний обмін науковими досягненнями</p>
3. Оформлення прав власності і комерціалізація	<p>В рамках інноваційних програм розвитку:</p> <ul style="list-style-type: none"> децентралізовані мережеві структури; консорціуми, кластери; дослідницькі центри 	<p>5. Виробнича структура</p>	<p>Стартапи, малі й середні фірми, крупні корпорації, програми навчання використанню і комерціалізації продукції конвергентних технологій, тренінги з технічної підтримки цих продуктів (в корпоративних університетах)</p>	<p>8. Наявність декількох факультетів (кафедр) в університеті для забезпечення міждисциплінарного характеру навчання</p>	<p>6. Внутрішньої структури НОЦ</p>	<p>Надання можливості провідним вченим реалізовувати свої наукові ідеї у дослідженнях</p>
4. Науково-дослідна платформа	<p>В рамках автономних дослідницьких закладів:</p> <ul style="list-style-type: none"> дослідницькі університети; науково-дослідні центри; науково-дослідні лабораторії 					

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 273–275]

Таблиця М.10

Основні характеристики структурних моделей нанотехнологічних НОЦ (ННОЦ) у країнах світу

Основні характеристики	Тип моделі					
	Кластерна	Мережева	Кластерно-мережева	Точкова	Осередкова	
1	2	3	4	5	6	
Опора	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Базові великі університети; ▪ Регіональна локалізація наукових і освітніх проєктів та їх спеціалізація з виходом на виробництво 	Невеликі підрозділи великих університетів	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Кластерні утворення; ▪ Спільні лабораторні комплекси, спільна інфраструктура і спеціалізовані нанотехнологічні комплекси 	Спільнота національних наукових кадрів у галузі нанотехнологій	Мінімальна кількість національних спеціалістів	
Особливість моделі	Вертикальна інтеграція наукових розробок і освіти, що дозволяє оперувати термінами кінцевої продукції, яку потребує ринок	Формування національних ННОЦ як окремих і відносно уособлених невеликих підрозділів великих університетів	Це мережа кластерів з широким спектром спеціалізацій, що забезпечують вирішення масштабних задач нанотехнологічного розвитку	З одного боку, являють собою початковий етап розвитку нанотехнологій, а з іншого – є достатньою формою для відносно невеликих країн		
Спеціалізація	Практично у всьому діапазоні досліджень за одним або декількома ключовими напрямками: наноелектроніка, медицина і нанобіотехнології, фармацевтика, енергетика або обробна промисловість	Більш вузька спеціалізація порівняно з кластерною моделлю, але при цьому їх, як правило, більше	Дає можливість розвивати нанотехнології по «всьому фронту» на базі ННОЦ з університетською матеріальною і лабораторною базою	Спеціалізовані дослідження із залученням тимчасових груп (у тому числі за участю аспірантів і студентів), що забезпечують спеціалізовані магістерські програми		
Ресурси	Концентрація по кожному з напрямів значних матеріальних, фінансових і інтелектуальних ресурсів	Надання університетами матеріальної інфраструктури і міжфакультетських програм	Концентрація ресурсів по кожному з напрямів, надання університетами матеріальної інфраструктури і міжфакультетських програм	Надання університетами матеріальної інфраструктури		

Продовження табл. М.10

1	2	3	4	5	6
Розташування	Уся країна є системою, що складається з декількох відносно самостійних науково-освітніх кластерів, що сконцентровані у великих університетських містечках	У містах, де є великі університети	Уся країна є системою, яка складається з мережі кластерів з широким спектром спеціалізації	У містах, де є університети	
Країни (основні міста)	Німеччина: 4 кластери у містах Мюнхен, Хемніц, Карлсруе, Дрезден; КНР: у містах Пекін, Шанхай, Шеньян, Сянь, Ханджой, Гонконг	Японія (з елементами кластерної моделі) – 18 ННОЦ; Республіка Корея – 6 ННОЦ в Сеулі; Великобританія – 7 ННОЦ; Франція – 9 ННОЦ; Індія (з елементами осередкової моделі)	США – щонайменше 20 потужних ННОЦ (м. Олбані, Силіконова долина – кластери з потужними мережевими зв'язками та ін.); Ізраїль – мініатюрні ННОЦ у містах Хайфа, Тель-Авів, Рамат-Ган, Реховот, Брусалим	Австрія; Фінляндія Нідерланди	
Система управління	Наукові адміністративні органи	Декан (директор центру / зав. лабораторії)	Наукові і адміністративні органи, а також декан (директор центру / зав. лабораторії)	Декан (директор центру / зав. лабораторії)	
Кількість дослідників	150–250 осіб і більше	150–250 осіб і більше	200–300 осіб і більше у США; 10–40 осіб в Ізраїлі	1–3 особи	10–15 осіб
Виробнича діяльність	Винесена в основному у великі корпорації, що взаємодіють з ННОЦ в рамках заказів і контрактів	Сконцентрована безпосередньо в ННОЦ	Проводиться в ННОЦ та у інших складових мережі	Нечисленні спільні проекти	
Навчальні програми	Як доповнення до основних масштабних і різноманітних дослідницьких проектів	Багатопланова освітня діяльність із залученням бізнес-школ та підприємницьких структур	Представлені усі рівні освіти і велика кількість спеціальних програм (наприклад, для дошкільного і шкільного навчання)	Підготовка і реалізація магistersьких програм	

Закінчення табл. М.10

1	2	3	4	5	6
Фінансування	Змішане фінансування з домінуванням державних джерел	Фінансування переважно із державних коштів	Державне фінансування на стадії формування ННОЦ, а корпоративне – на стадіях розвитку	Фінансування здійснюється переважно по лінії державних і між-державних проектів	

Джерело: сформовано автором на основі [10, с. 276–277]

Наукове видання

МАТЮШЕНКО Ігор Юрійович

**РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ
КОНВЕРГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УКРАЇНІ
В УМОВАХ НОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ РЕВОЛЮЦІЇ:
ОРГАНІЗАЦІЯ ДЕРЖАВНОЇ ПІДТРИМКИ**

Монографія

Підписано до друку 25.11.2016 р. Формат 70 x 100/16. Папір офсетний.

Гарнітура ArnoPro. Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 32.3.

Обл.-вид. арк. 38.8. Наклад 300 прим. Зам. № .

ФОП Александрова К. М.

61103, Харків, пр. Леніна, 55, кв. 52. Тел. (057) 7050336.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру України суб'єктів
видавничої діяльності ДК № 3090 від 21.01.2008 р.

Надруковано у Харківській друкарні № 18 ПЗ
Україна, 61052, м. Харків, вул. Червоноармійська, 7.
Тел. (057) 727-30-29, 712-29-76