О. І. Решетняк,

к. е. н., доцент, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України

ORCID ID: 0000-0002-1183-302X

DOI: 10.32702/2306-6806.2020.10.73

СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ НАУКОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ В УКРАЇНІ

O. Reshetnyak,

PhD in Economics, Associate Professor, Research Centre for Industrial Problems

of Development of the National Academy of Sciences of Ukraine

SCENARIO MODELLING OF SCIENTIFIC POTENTIAL DEVELOPMENT IN UKRAINE

Метою дослідження є формування теоретико-методичного забезпечення сценарного моделювання розвитку наукового потенціалу країни. Методи дослідження: сценарний аналіз, моделювання. Обґрунтовано важливість забезпечення економічної безпеки національної економіки за рахунок розвитку вітчизняної наукової сфери. Досліджено існуючі теоретичні підходи до сценарного моделювання. На підставі аналізу теоретико-методологічних підходів різних авторів запропоновано методичний підхід до сценарного моделювання наукового розвитку країни. Розроблено сценарну ієрархічну модель розвитку наукового потенціалу спрямовану на досягнення цілей зацікавлених осіб, а саме: науковців, освітян, уряду, підприємців, соціуму. Запропоновано систему багатофакторних регресійних моделей на підставі яких здійснюється розробка прогнозних сценаріїв. Досліджено сценарії розвитку наукової сфери. Визначено ймовірність реалізації кожного з сценаріїв. Зроблено висновки про необхідність реформування наукової сфери задля забезпечення економічної безпеки національної економіки.

The aim of the research is to form theoretical and methodological support for scenario modelling of the development of the country's scientific potential. Methods of research: scenario analysis, modelling. The importance of ensuring the economic security of the national economy through the development of the domestic scientific sphere has been substantiated. Existing theoretical approaches to scenario modelling have been researched. Based on the analysis of theoretical and methodological approaches of various authors, the methodological approach to scenario modelling of scientific development of the country is proposed. A hierarchical scenario model for the development of scientific potential has been developed, aimed at achieving the goals of stakeholders, namely: scientists, teachers, government, entrepreneurs and society. A system of multifactor regression models has been proposed on the basis of which forecast scenarios are developed. Scenarios for the development of the scientific sphere depending on the implementation of various management impacts have been investigated. Probabilities of implementation of each scenario have been determined. The development scenarios for scientific potential based on the proposed models make it possible to prevent threats to economic security, develop an adequate strategy for scientific potential development and reform. The use of a scenario approach to modelling the development of scientific potential makes it possible to carry out a comprehensive study of the causes of negative and crisis phenomena in their development and identify possible ways of improving scientific and economic policy. A number of reform measures have been proposed based on scenario analysis and reform of scientific and innovation areas. First of all, reforming the scientific system of Ukraine should be aimed at increasing funding for scientific research, both at the expense of the budget and the private sector. It is

necessary to increase the efficiency of scientific activity by achieving a high level of scientific research, training highly qualified scientific personnel, ensuring the effective commercialization of scientific and technical (experimental) developments and ensuring the functioning of an effective system of technology transfer.

*Ключові слова: сценарне моделювання, сценарій, розвиток наукового потенціалу, модель розвитку.
Key words: development of scientific potential, scenario, scenario model of development, scenario modelling.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Однією з ключових загроз для вітчизняної економіки є суттєве погіршення наукового потенціалу країни. Важливість забезпечення розвитку наукового потенціалу для підвищення глобальної конкурентоспроможності країни, її економічної незалежності, та безпеки загалом, обумовлюється багатьма факторами: необхідністю створення власних наукових розробок та впровадження їх в інноваційному промисловому секторі (з метою забезпечення незалежності від зарубіжних технологій, зменшення частки експорту високо технологічної та наукоємної продукції тощо), створення нових знань для забезпечення інноваційного розвитку (з метою зменшення залежності від доступу до світових наукових розробок та інноваційної інформації), підвищення частки інноваційної (наукоємної) продукції в ВВП країни, забезпечення переходу від сировинної до інноваційної економіки та ін. Таким чином, науково-технологічна складова економічної безпеки являє собою такий стан науково-технологічного та виробничого потенціалу держави, який забезпечує можливість належного функціонування національної економіки, що є достатнім для досягнення та підтримки конкурентоздатності вітчизняних виробників та їх продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також гарантують державну незалежність за рахунок власних інтелектуальних і технологічних ресурсів.

Наукова сфера є складною системою на розвиток якої впливають багато різних чинників, значення яких та вплив змінюються в часі, мають ймовірнісний характер та високу ступень невизначеності. Тому важливість визначення майбутнього стану розвитку наукової сфери та можливість завдяки її потенціалу забезпечувати економічну безпеку держави як у короткостроковому періоді, так і в довгостроковій перспективі, є дуже актуальними.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Сценарний підхід у сучасному світі є одним з найважливіших інструментів стратегічного планування урядів багатьох країн, широко використовується під час планування розвитку галузей та регіонів, дозволяючи не тільки визначати можливе майбутнє, а й управляти ризиками та використовувати можливості. Так, з використанням сценарного аналізу, прийняття стратегічних рішень обґрунтовується в регіональному плануванні в роботах О. Геймана [1], В. Хаустової [2], О'Коннера [3], сільському господарстві в роботах С. Гриффона, Д. Ауклара, А. Несроулоуса [4], сфері екології в дослідженнях Б. Гуенералпа, Ю. Барласа [5]. Планування та прогнозування майбутнього в соціально-економічних системах розглядається в працях В. Кузнецова [6], М. Линдгрена [7] та ін.

Сценарні моделі використовуються з метою сприяння процесу планування та зменшення колективних упреждень, дослідження структури складної системи, визначення ймовірних напрямків та масштабності майбутніх змін, виявлення альтернатив розвитку, подолати проблеми невизначеності в роботах таких вчених: М. Брайнта [8], Р. Грейнера [9] а ін. Застосування сценарного підходу пропонується для моделювання інноваційного розвитку країн М. Брагначем [10], І. Матюшенко [11] та ін.

Дослідження теоретичних підходів до побудови сценаріїв розвитку соціально-економічних систем на основі

використання математичних методів [1—11] дозволило виділити основні: схемно-рекурсивний підхід, методи визначення сценарних, матричні методи моделювання сценаріїв розвитку в якісних і кількісних шкалах, методи автоматичної генерації сценаріїв.

Але необхідно урахувати, що існуючі теоретичні підходи до вирішення проблеми генерації сценаріїв мають можливість формувати велику кількість альтернативних сценаріїв розвитку, що ускладнює їх аналіз. Тому при розробці сценаріїв слід чітко усвідомлювати мету сценарного дослідження. При виборі цільових орієнтирів, стратегії розвитку економічних систем [1], у тому числі наукової системи, може бути дуже ефективним сценарне моделювання як інструмент побудови не окремих траєкторій розвитку, а великого спектру варіантів для оцінки впливу різних чинників. Але з метою дослідження розвитку наукового потенціалу сценарне моделювання не знайшло відображення в наукових дослідженнях.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є формування теоретико-методичного забезпечення сценарного моделювання розвитку наукового потенціалу країни.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретико-методичний підхід до сценарного моделювання розвитку наукового потенціалу в країні включає наступні етапи: передмодельний, модельний та пост модельний.

Передмодельний етап спрямований на встановлення мети проведення сценарного аналізу та визначення основної структури сценаріїв. На цьому етапі виконуються такі кроки:

1. Визначення мети проведення сценарного дослідження на підставі аналізу наявної інформації про стан наукової системи, її зовнішнє середовище та основні стратегічні пріоритети розвитку. Метою проведення сценарного дослідження наукової системи є визначення загроз розвитку наукового потенціалу та її вплив на економічну безпеку в довгостроковому періоді.

2. Визначення ключових джерел невизначеності у зовнішньому і внутрішньому середовищі наукової системи. Невизначеність внутрішнього середовища пов'язана з багатьма факторами наукової діяльності: перспективність напрямків дослідження, рівень використання результатів наукової діяльності, рівень кваліфікації досліджень, достовірність наукової інформації, кінцеві витрати дослідження, тощо. Невизначеність зовнішнього середовища виникає у таких сферах: технологічна (виникнення нових технологій, які можуть вплинути на наукові результати та їх якість, виникнення екотехнології та ін.), нормативно-правова (поява нових патентів, умов ліцензування, використання наукових результатів, введення в дію екологічного законодавства та ін.), екологічна (загострення екологічних проблем, вплив науково-технічної продукції на зовнішнє середовище, використання штучних матеріалів та їх утилізація, ін.), соціальна (рівень освіти, відношення до наукових знань та інноваційних продуктів та ін.), економічна (змінення тарифів, поява нових гравців на міжнародній науковій арені, вартість наукового обладнання та ін.)

3. Ранжування факторів невизначеності зовнішнього та внутрішнього середовища розвитку наукової сфери за їх важливістю і мірою невизначеності.

Рис. 1. Схема ієрархічної моделі сценарного прогнозування майбутніх станів наукової системи

Джерело: власна розробка.

4. Визначення відповідно до мети сценарного аналізу розвитку наукового потенціалу каналів впливу (управління) системою (при розробці активних сценаріїв розвитку). З метою запобігання негативного впливу загроз економічній безпеці, необхідно розробляти саме активні сценарії, які будуть урахувати вплив держави на розвиток вітчизняної наукової сфери. Інструментами державного впливу можуть виступати: обсяги фінансування наукової діяльності, підготовка наукових кадрів, стимулювання бізнесу у напрямках фінансування наукової діяльності та впровадження наукових результатів.

5. Аналіз існуючих концепцій розвитку наукової системи (вивчення зарубіжного опиту, дослідження особливостей розвитку науки).

6. Сбір, утримування та аналіз статистичної інформації про функціонування, розвиток і поточний стан наукової системи.

7. Визначення часового горизонту проведення дослідження.

8. Встановлення логіки і основної структури сценаріїв розвитку наукового потенціалу і сценаріїв управління науковою системою.

Модельний етап сценарного дослідження розвитку наукової сфери передбачає побудову і реалізацію математичної моделі та проведення на її основі сценарних експериментів. Модельний етап включає такі кроки:

1. Визначення структури наукової системи, її вхідних та вихідних змінних, керуючих впливів, параметрів контролю, неконтрольованих параметрів. Вхідними змінними є кількість наукових установ, дослідників, рівень фінансування наукової сфери та ін. Вихідними змінними є кількість наукових результатів, їх якість, кількість отриманих наукових патентів, публікацій в наукових журналах, рівень впроваджених наукових результатів, кількість виробленої наукомісткої продукції та її частка в ВВП країни та ін. Може виявитися, що кількість змінних, що описують наукову систему занадто велика. Тому в модель доцільно включати найбільш

Таблиця 1. Опис сценаріїв розвитку науки

Назва сценарію	Характеристика сценарію з урахуванням досягнення цілей	Наслідки для безпеки економіки
Песимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу	Кількість НДІР (O_1) - зменшення	Має високу загрозу економічній безпеці країни
	Обсяги підготовки наукових кадрів (O_2) - зменшення	
	Ефективність витрат уряду на НДІР (O_3) - зменшення	
	Частка експорту наукомісткої продукції (O_4) - зменшення	
	Питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (O_5) - зменшення	
Консервативний сценарій розвитку наукового потенціалу	Кількість НДІР (O_1) – відповідно тренду	Має значну загрозу економічній безпеці
	Обсяги підготовки наукових кадрів (O_2) – відповідно тренду	
	Ефективність витрат уряду на НДІР (O_3) – відповідно тренду	
	Частка експорту наукомісткої продукції (O_4) – відповідно тренду	
	Питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (O_5) – відповідно тренду	
Помірно-оптимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу	Кількість НДІР (O_1) – незначне збільшення	У найближчій перспективі буде забезпечуватися економічна стабільність
	Обсяги підготовки наукових кадрів (O_2) – незначне збільшення	
	Ефективність витрат уряду на НДІР (O_3) – незначне збільшення	
	Частка експорту наукомісткої продукції (O_4) – незначне збільшення	
	Питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (O_5) – незначне збільшення	
Форсований сценарій розвитку наукового потенціалу	Кількість НДІР (O_1) – суттєве збільшення	Забезпечення економічної безпеки
	Обсяги підготовки наукових кадрів (O_2) – суттєве збільшення	
	Ефективність витрат уряду на НДІР (O_3) – суттєве збільшення	
	Частка експорту наукомісткої продукції (O_4) – суттєве збільшення	
	Питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (O_5) – суттєве збільшення	

Джерело: власна розробка.

впливові (ключові) параметри. Вхідні та вихідні змінні класифікуються в залежності від рівня керованості.

2. Побудова блок-схеми сценарної моделі. В залежності від визначеної структури наукової системи, яка описана різними змінними, встановлюється взаємовплив параметрів, визначаються зв'язки між ними та ступінь впливу.

3. Вибір інструментів реалізації сценарної моделі.

4. Побудова сценарної моделі розвитку наукового потенціалу на основі її блок-схеми. Сценарії ґрунтуються на певних поєднаннях уявлень про можливе майбутнє, що не суперечить внутрішній структурі моделі. При цьому необхідно узгоджувати різні керуючі впливи за допомогою комп'ютерних експериментів та обробки результатів окремих (поодиноких — вплив одного фактора) сценаріїв. Таким чином, вперш за все сценарії аналізуються окремо, а потім збираються в несуперечливій структурі майбутнього, що формують "вікно можливостей".

5. Проведення аналізу альтернативних сценаріїв розвитку наукового потенціалу та їх інтерпретація. На цьому кроці виконується аналіз всього "вікна можливостей", визначаються відхилення, виділяються загальні та специфічні риси в сценаріях.

6. Налаштування сценарної моделі розвитку науки. На підставі попередніх кроків визначаються необхідні напрямки коригування моделі. Формується остаточний варіант моделі сценарного аналізу.

7. Побудова сценарних варіантів розвитку наукового потенціалу за допомогою скоригованої моделі. Основним результатом етапу аналізу є виділення індикаторів сценаріїв, що дозволяють визначити можливість реалізації того чи іншого сценарію на практиці. Здійснюється формування припущень про подальші шляхи розвитку цих індикаторів.

Постмодельний етап сценарного аналізу розвитку науки передбачає здійснення аналізу отриманих сценаріїв і розробку висновків про доцільність і стійкості

варіантів управління науковою системою. Цей етап містить наступні кроки: 1. Здійснення змістовної інтерпретації сценарних варіантів із залученням експертної оцінки і формалізації отриманих результатів. 2. Проводиться аналіз стійкості варіантів управління (зовнішнього керування) в активних сценаріях розвитку наукового потенціалу. 3. Визначаються характерні індикатори, які сигналізують про необхідність реалізації на практиці конкретного сценарного варіанту розвитку наукової системи. 4. Оформлення результатів дослідження напрямків розвитку наукового потенціалу та їх впливу на економічну безпеку та розробка рекомендацій для розробки стратегії розвитку наукового потенціалу.

На підставі формального опису проблеми сценарного дослідження, який запропоновано в роботі В. Кузнецова [6], розроблено модель розвитку наукового потенціалу, яка дозволяє сформулювати та дослідити можливі сценарії розвитку наукової сфери та запобігти загрозам економічної безпеки.

На підставі попереднього аналізу взаємозв'язку різних параметрів та їх впливу один на інший будується модель, яка описує розвиток наукової сфери за допомогою набору рівнянь, які визначають конкретну ситуацію, що склалася в Україні.

Динаміка розвитку майбутньої ситуації в науковій сфері описується набором рівнянь початкового стану при $t = 0$ та формує кінцеву множину пасивних сценаріїв $S = \{S_1, \dots, S_l\}$ ($l > 1$). Пасивні сценарії розвитку наукової сфери, формуються під впливом факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, моделюють поведінкові аспекти без урахування керуючих впливів. Необхідно урахувати, що в кожен момент часу $t > 0$ може бути реалізовано тільки якийсь один з множини сценаріїв з пріоритетом (ймовірністю) $p_i = p_i(t)$ ($t = 1, \dots, l$; $0 < p_i \leq 1$).

Визначені сценарії S_i — є варіантом розвитку логічної послідовності подій, які починаються в початковий час ($t = 0$) та визначають конкретну ситуацію розвитку наукової сфери в майбутньому ($t > 0$). Сценарій S_i по-

винен включати мінімальну інформацію, яка дозволяє здійснити прогноз майбутнього стану наукової системи.

На стан наукової системи оказує вплив поведінка інших системних елементів: організаційна структура наукової системи, інші системи, які її оточують (держава, бізнес, освіта, соціум). Зацікавлені в реалізації того чи іншого сценарію розвитку особи — це свідомі елементи наукової системи та її оточення звуться акторами $a = \{a_1, \dots, a_k\} (k \geq 1)$. Таким чином, $S = S(a)$.

Таким чином, ієрархічну модель сценарного прогнозування майбутніх станів наукової системи можливо представити у вигляді кортежу:

$$Z = \langle F; a; O; C; S \rangle \quad (1),$$

де F — головна мета розвитку наукової сфери (найбільш ймовірний стан наукової сфери);

$a = \{a_1, \dots, a_k\}$ — множина зацікавлених осіб (акторів), а саме: {науковці, освітяни, уряд, підприємці, соціум};

$O = \{O_1, \dots, O_n\}$ — множина цілей акторів: {підвищення затребуваності наукових розробок (зростання кількості НДІР), обсягів підготовки наукових кадрів, ефективності витрат уряду на НДІР, питомої ваги обсягу виконаних НДІР у ВВП};

$C = \{C_1, \dots, C_m\}$ — множина керуючих впливів: {кількість дослідників; обсяги державного замовлення НДІР; державне замовлення на підготовку наукових кадрів; державне фінансування НДІР; витрати на інноваційну діяльність; фінансування наукової діяльності підприємницьким сектором; впровадження результатів НДІР; кількість інноваційно-активних підприємств};

$S = \{S_1, \dots, S_l\}$ — множина сценаріїв, які досліджуються на інтервалі $0 < t \leq T$.

Таким чином, вершина ієрархічної моделі — є F , тоді $\{a_1, \dots, a_k\}$, та $\{C_1, \dots, C_m\}$ — проміжні горизонтальні рівні моделі, $\{S_1, \dots, S_l\}$ — нижній рівень.

Схему ієрархічної моделі сценарного прогнозування майбутніх станів наукової системи наведено на рис. 1.

Вектор-функція керуючих впливів $u(t) = C(t)$ визначається чисельними значеннями пріоритетності вибору управлінських дій, які спрямовані на курування розвитком наукової сфери $(p_{C1}, \dots, p_{Cm})$. Якщо керуючі впливи були визначені в початковий момент часу та не змінюються за весь час сценарного прогнозування $[0, t]$, то можливо визначити їх значення, яке дорівнює:

$$u(t) = u(0) = \text{const} \quad (2).$$

Проблема вибору керуючих впливів може бути сформульована, як задача оптимального управління: знайти значення фазових змінних $x(t)$ шляхом рішення наступних еволюційних рівнянь:

$$x' = f(x, u_0, p', t) \quad (3),$$

$$x(0) = x_0 \quad (4),$$

$$p'(S_0) = 0 \quad (5),$$

$$0 < t \leq T \quad (6),$$

$$\text{де}$$

$$p' = p'(S): Z = \langle F; a; O; C; S \rangle \quad (7).$$

При цьому рішення має забезпечувати оптимальне значення цільового функціоналу виду

$$Y[x(t); u_0] \rightarrow \min \quad (8).$$

Фазовими змінними $x(t)$ можуть бути, як змінні стану наукової системи, так і параметри зовнішнього і внутрішнього середовища, що впливають на розвиток наукової сфери та є джерелами невизначеності.

Таблиця 2. Ймовірність реалізації сценарію розвитку науки в Україні, %

Назва сценарію	Крок 1	Крок 2	Крок 3	Крок 4	Крок 5
Песимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу	30	21	17	15	10
Консервативний сценарій розвитку наукового потенціалу	65	69	66	62	58
Помірно-оптимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу	5	10	17	23	31,8
Форсований сценарій розвитку наукового потенціалу	0	0	0	0	0,2

Джерело: власна розробка.

Таким чином, сценарне моделювання розвитку наукового потенціалу дозволяє виробити таку стратегію (керуючих впливів, набору управлінських дій), яка б виявилася прийнятною за будь-якого варіанту розвитку подій з точки зору забезпечення економічної безпеки.

Аналіз тенденцій розвитку наукової сфери в Україні [12—14] дозволив визначити негативні тренди в кількості наукових установ, дослідників, обсягів фінансування, наукових результатів, кількості інноваційно-активних підприємств та ін.

Реалізація запропонованого підходу дала змогу на підставі апріорного дослідження можливих сценаріїв розвитку вітчизняної науки згрупувати їх в чотири можливі траєкторії. Опис сценаріїв розвитку наведений в таблиці 1.

На підставі проведеного кореляційного аналізу було визначено основні фактори, що впливають на досягнення цілей розвитку науки в країні $O = \{O_1, \dots, O_n\}$. Була сформована множина цілей акторів $a = \{a_1, \dots, a_k\}$ та розроблені багатофакторні моделі з використанням статистичних даних розвитку наукової сфери в Україні за період 2000—2018 рр. [15], які характеризують їх досягнення:

$$\begin{cases} O_1 = 19998.02 + 0.5311 \cdot X_1 + 0.00046 \cdot X_2 - 0.00005 \cdot X_4 + 0.33067 \cdot X_5 - 0.00185 \cdot X_6 - 143.477 \cdot X_7 \\ O_2 = 1020.7 + 0.00059 \cdot X_2 - 0.00027 \cdot X_3 - 0.02443 \cdot X_5 - 4.00936 \cdot X_7 + 40.154 \cdot X_8 \\ O_3 = 0.008043 + 0.00004 \cdot X_1 - 0.00008 \cdot X_2 - 0.00001 \cdot X_3 - 0.00001 \cdot X_5 - 0.000001 \cdot X_6 - \\ - 0.0002 \cdot X_7 + 0.0018 \cdot X_8 \\ O_4 = -26.276 + 0.00005 \cdot X_1 + 0.000006 \cdot X_2 + 0.00037 \cdot X_3 - 0.00024 \cdot X_5 - 0.000007 \cdot X_6 + \\ + 0.2736 \cdot X_7 + 0.4746 \cdot X_8 \\ O_5 = 0.01985 + 0.000008 \cdot X_1 + 0.0000002 \cdot X_2 - 0.0000002 \cdot X_3 - 0.000003 \cdot X_4 + 0.0000002 \cdot X_6 + \\ + 0.003 \cdot X_7 - 0.01359 \cdot X_8 \end{cases}$$

де O_1 — кількість НДІР (одиниць), O_2 — обсяги підготовки наукових кадрів (осіб), O_3 — ефективність витрат уряду на НДІР ($\mathcal{Z}/\mathcal{Z}$), O_4 — частка експорту наукомісткої продукції (%), O_5 — питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (%), X_1 — кількість дослідників (осіб), X_2 — обсяги державного замовлення НДІР, X_3 — обсяги державного замовлення на підготовку наукових кадрів (осіб), X_4 — обсяги державного фінансування НДІР, X_5 — витрати на науково-дослідну та інноваційну діяльність, X_6 — фінансування наукової діяльності підприємницьким сектором, X_7 — впровадження результатів НДІР, X_8 — впровадження результатів НДІР, $\mathcal{Z}$.

На підставі отриманих моделей на кроці 1 було зроблено генерування можливих сценаріїв розвитку за цілями (О) кількістю N!, де N — кількість факторів у відповідній моделі за наступними керуючими впливами: 1) зменшення факторів, які увійшли в модель на 5—10%, 2) значеннями факторів, які увійшли в модель у відповідності до трендової моделі, 3) збільшення факторів, які увійшли в модель на 5—10%, 4) збільшення факторів, які увійшли в модель на 11—15%, 5) збільшення факторів, які увійшли в модель на 16—20%. На підставі отриманих результатів було визначено для кожного керуючого впливу найбільш ймовірне значення по-

казника, що характеризує відповідну ціль розвитку науки (О) основних акторів.

Аналогічно, було здійснено моделювання пасивних сценаріїв розвитку для кроків 2, 3, 4 та 5.

Отримані пасивні сценарії за усіма моделями досягнення цілей розвитку науки були згруповані у відповідності до гіпотези, яка наведена в таблиці 1. З урахуванням кількості пасивних сценаріїв та відповідності кожного результату пасивному, консервативному, помірно-оптимістичному та форсованому сценаріям, за кожним кроком прогнозу була розрахована їх ймовірність реалізації, яку наведено в таблиці 2.

Таким чином, можливо відзначити, що найбільш ймовірним є консервативний сценарій розвитку науки, але на перших кроках прогнозу високу ймовірність має песимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу, що є великою загрозою для економічної безпеки країни. Цей сценарій може бути реалізований, якщо держава не буде приділяти значної уваги заходам розвитку науки.

Розглядаючи зміст сценаріїв розвитку науки, можливо відмітити наступне.

Песимістичний сценарій розвитку наукової діяльності в країні передбачає погіршення наукового потенціалу. Різне скорочення числа наукових інститутів, кількості дослідників, зниження якості підготовки наукових кадрів, імпортоспрямований технологічний розвиток. Поглиблення моделі сировинної економіки. Істотне ослаблення національної інноваційної системи, зниження темпів оновлення виробничої бази. Імітаційна наука. Фінансування наукових досліджень і розробок тільки за рахунок бюджетних коштів, зниження витрат на наукову сферу, відсутність інтересу підприємницького сектору до вітчизняних наукових розробок. Зниження попиту на фундаментальні дослідження. Інноваційно-технологічне відставання посилюється. Підвищується тенденція до значного "витоку мізків". Все це формує суттєву загрозу економічній безпеці.

Консервативний сценарій розвитку наукового потенціалу передбачає продовження тенденцій розвитку науки, які склалися. Поступове зниження наукового потенціалу, скорочення наукових інститутів, кількості дослідників, зниження якості підготовки наукових кадрів, інерційний імпортоспрямований технологічний розвиток. Сценарій характеризується подальшим ослабленням національної інноваційної системи, переважним використанням іноземних технологій та обладнання для модернізації виробництва і галузей економіки. У національній інноваційній системі формуються окремі науково-технічні анклав, зосереджені на вузькому переліку наукових розробок. Фінансування наукових досліджень і розробок в основному за рахунок бюджетних коштів, які залишаються на порівняно низькому рівні (у порівнянні з розвиненими інноваційними економіками), незначне збільшення частки внебюджетних джерел фінансування. Збереження низького рівню попиту на фундаментальні дослідження. Консервативний сценарій розвитку наукового потенціалу зберігає істотне інноваційно-технологічне відставання від розвинених інноваційних країн. Збереження тенденції значного "витоку мізків". Все це формує умови значної загрози економічній безпеці.

Помірно-оптимістичний сценарій розвитку наукового потенціалу — передбачає реалізацію наздоганючої моделі розвитку наукової сфери та технологій. Можуть створюватися окремі осередки високо конкурентоспроможних наукових розробок за 4—5 напрямом світового рівня, висока ймовірність розвитку проривних пошукових фундаментальних досліджень у 1—2 інноваційних напрямках. Попит на вітчизняні технології буде формуватися не тільки відповідно до потреб забезпечення інтересів національної безпеки, сировинного сектору, а також і середньо технологічних секторів, транспортної системи, агробізнесу, а також сфери людсько-

го капіталу (охорони здоров'я та освіти), інформаційних технологій. Збільшиться частка державних витрат в бюджеті країни, що спрямовується на наукові дослідження і розробки. Внутрішні витрати на дослідження і розробки зростуть до 1,7% ВВП до 2030 року. Підвищиться обсяг внебюджетного фінансування за рахунок підприємницького сектору при загальному підвищенні ефективності наукових розробок і досліджень. Такий сценарій розвитку наукового потенціалу буде забезпечувати стабільну економічну безпеку.

Форсований сценарій розвитку наукового потенціалу передбачає можливість масштабної модернізації вітчизняного сектору НДДКР і фундаментальної науки. Передбачається, що за рахунок концентрації зусиль в проривних науково-технологічних секторах економіки, істотно підвищиться застосування вітчизняних наукових розробок, що суттєво поліпшить позиції України на світовому ринку високотехнологічної продукції та послуг. Істотно підвищиться ефективність взаємодії вітчизняних секторів генерації знань і бізнесу. Такий сценарій розвитку наукового потенціалу надасть можливість забезпечити значне збільшення попиту на наукові дослідження і розробки, що підвищить попит на наукові та інженерні кадри, включно необхідність активного створення інноваційних кластерів, наукових парків на регіональному рівні. Водночас цей варіант сценарію є витратним, оскільки передбачає масштабне збільшення державного фінансування наукових досліджень і розробок за усіма напрямками — фундаментального, пошукового, прикладного. Крім того, передбачає підвищення зацікавленості підприємницького сектору в науковій продукції. Різне збільшення приватних інвестицій в НДДКР, активний пошук і формування нових ринків збуту наукомісткої продукції та використання нових технологій в основі яких лежать вітчизняні розробки, що фінансуються бізнесом. Збільшиться попит на вітчизняну інноваційну та наукову продукцію на глобальному ринку. Такий сценарій розвитку наукового потенціалу дозволить завоювати лідерство в деяких ключових наукових і технологічних напрямках. Забезпечується високий рівень економічної безпеки.

Без забезпечення реформування наукової сфери, найбільш ймовірним сценарієм розвитку наукової сфери є консервативний. Висока ймовірність реалізації песимістичного сценарію. Таким чином, для забезпечення підвищення та збереження економічної безпеки науково-технологічна сфера України має бути реформовано з метою досягнення більшої ефективності й відповідності потребам часу через включення потужних елементів фінансування досліджень, збільшення державного замовлення на НДІР, приділення уваги підготовці наукових кадрів, сприяння залученню бізнесу до науково-інноваційної сфери тощо.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило визначити таке.

1. Теоретичні дослідження розкривають важливість проведення сценарного моделювання під час визначення можливих напрямків розвитку соціально-економічних систем, у тому числі розвитку наукової сфери. Використання сценарного підходу до моделювання розвитку наукового потенціалу дозволяє провести всебічне дослідження причин виникнення негативних і кризових явищ в їх розвитку, визначити можливі шляхи вдосконалення наукової та економічної політики.

2. Розроблені сценарії розвитку наукового потенціалу на підставі запропонованих моделей дозволяють запобігти загрозам економічної безпеки, розробити адекватну стратегію розвитку наукового потенціалу та реформування.

3. Виходячи зі сценарного аналізу, реформування наукової та інноваційної сфер повинно бути спрямоване, насамперед, на підвищення фінансування наукових досліджень, як за рахунок бюджетних коштів, так і за

рахунок приватного сектору економіки. Необхідно забезпечити підвищення ефективності наукової діяльності за рахунок досягнення високого рівня наукових досліджень, підготовки висококваліфікованих наукових кадрів, забезпечення ефективної комерціалізації науково-технічних (експериментальних) розробок, забезпечення функціонування дієвої системи трансферу технологій.

Література:

1. Гейман О. Теоретические аспекты сценарного моделирования развития регионов. Экономика промышленности, 2002. 5 (48). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-stsenarnogo-modelirovaniya-razvitiya-regionov>

2. Хаустова В., Омаров Ш. Сценарное динамическое моделирование устойчивого развития региона. Монография: Проблемы устойчивого развития социально-экономических систем. Под ред. Татаркина А.И., Криворотова В.В.; Минобразования и науки РФ, Урал. федер. ин-т им. Б.Н. Ельцина, РАН Уро, Ин-т экономики, М.: Экономика, 2012. 556 с. С. 128—138.

3. O'Connor M., MacFarlane M., Fisher J., MacRae D., Lefroy T. The Avon river Basin in 2050: scenario planning in the western Australian. Aust. J. Agric. Res. 2005. 56 (6). 563—580.

4. Griffon S., Auclair D., Nespoulous A. Visualising Changes in Agricultural Landscapes Environmental and Agricultural Modelling, Springer. 2010. pp. 133—157.

5. Gueneralp B., Barlas Y. Dynamic modelling of a shallow freshwater lake for ecological and economic sustainability. Ecol. Modell. 2003. 167 (1—2). pp. 115—138.

6. Кузнецов В. Сценарное моделирование будущих состояний социально-экономической системы. Информационные технологии моделирования и управления: Междунар. сб. науч. тр. / Под ред. д. т. н. О.Я. Кравца. Вып. 16. Воронеж: Научная книга, 2004. С. 92—98.

7. Линдгрэн М., Бандхольд Х. Сценарное планирование: связь между будущим и стратегией, М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2009. 256 с.

8. Bryant B.P., Lempert R.J. Thinking inside the box: a participatory, computer-assisted approach to scenario discovery. Technol. Forecast. Soc. Change. 2010. 77 (1), pp. 34—49.

9. Greiner R., Puig J., Huchery C., Collier N., Garnett S. Scenario modelling to support industry strategic planning and decision making. Environmental Modelling & Software. 2014. Vol. 55, pp. 120—131.

10. Brugnach M., Tagg A., Keil F., de Lange, W.J. Uncertainty matters: computer models at the science-policy interface Water Resour. Manag. 2007. 21, pp. 1075—1090.

11. Матюшенко І.Ю. Сценарії розвитку науково-інноваційного потенціалу України в умовах нової промислової революції та асоціації з ЄС. Проблеми економіки. 2016. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stsenariyi-rozvitku-naukovo-innovatsiynogo-potentsialu-ukrayini-v-umovah-novoyi-promislovoyi-revolutsiyi-ta-asotsiatsiyi-z-es>

12. Хаустова В.Є., Решетняк О.І. Дослідження стану та тенденцій розвитку науки в країнах світу та Україні. Проблеми економіки. 2019. № 3. С. 11—22. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-11-22>

13. Хаустова В.Є., Решетняк О.І. Основні тенденції та проблеми розвитку науки в Україні. Проблеми економіки. 2019. № 2. С. 62—72. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-2-62-72>

14. Решетняк О.І. Дослідження проблем фінансування наукової діяльності в Україні з використанням когнітивного підходу. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент. 2020. Вип. 42. С. 134—142. URL: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2020/42-2020/26.pdf>

15. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>

References:

1. Gaiman, O. (2002), "Theoretical aspects of scenario modeling of regional development", Industrial economics, vol. 5 (48), available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoreticheskie-aspekty-stsenarnogo-modelirovaniya-razvitiya-regionov> (Accessed 02 October 2020).

2. Khaustova, V. Omarov, Sh. (2012), "Scenario dynamic modeling of sustainable development of the region", Problemy ustojchivogo razvitiya social'no-jekonomicheskikh sistem [Problems of sustainable development of socio-economic systems], Ural. Feder. in-t them. B.N. Yeltsin, RAS Uro, Institute of Economics, Economics, Moscow, Russia, pp. 128—138.

3. O'Connor, M. MacFarlane, M. Fisher, J. MacRae, D. and Lefroy, T. (2005), "The Avon river Basin in 2050: scenario planning in the western Australian", Aust. J. Agric. Res., vol. 56 (6), pp. 563—580.

4. Griffon, S. Auclair, D. and Nespoulous, A. (2010), "Visualising Changes in Agricultural Landscapes", Environmental and Agricultural Modelling, Springer, pp. 133—157.

5. Gueneralp, B. and Barlas, Y., (2003), "Dynamic modelling of a shallow freshwater lake for ecological and economic sustainability", Ecol. Modell, vol. 167 (1—2), pp. 115—138.

6. Kuznetsov, V. (2004), "Scenario modeling of the future states of the socio-economic system", Information technology modeling and management: Intern. Sci. scientific. tr., vol. 16, pp. 92—98.

7. Lindgren, M. and Bandhold, H., (2009), Scenarnoe planirovanie: svyaz' mezhdubudushhim i strategiej [Scenario planning: the connection between the future and the strategy], Olymp-Business, Moscow, RF.

8. Bryant, B.P. and Lempert, R.J. (2010), "Thinking inside the box: a participatory, computer-assisted approach to scenario discovery, Technol. Forecast. Soc. Change, vol. 77 (1), pp. 34—49.

9. Greiner, R. Puig, J. Huchery, C. Collier, N. and Garnett, S. (2014), "Scenario modelling to support industry strategic planning and decision making", Environmental Modelling & Software, vol. 55, pp. 120—131.

10. Brugnach, M. Tagg, A. Keil, F. and de Lange, W.J. (2007), "Uncertainty matters: computer models at the science-policy interface", Water Resour. Manag., vol. 21, pp. 1075—1090.

11. Matyushenko, I.Y. (2016), "Scenarios of development of scientific and innovative potential of Ukraine in the conditions of the new industrial revolution and association with the EU", Problems of the economy, vol. 4, available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/stsenariyi-rozvitku-naukovo-innovatsiynogo-potentsialu-ukrayini-v-umovah-novoyi-promislovoyi-revolutsiyi-ta-asotsiatsiyi-z-es> (Accessed 02 October 2020).

12. Khaustova, V. and Reshetnyak, O. (2019), "Research of the state and trends of science in the world and Ukraine", Problems of the economy, vol. 3, pp. 11—22, available at: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-3-11-22> (Accessed 02 October 2020).

13. Khaustova, V. and Reshetnyak, O. (2019), "The main trends and problems of science in Ukraine", Problems of the economy, vol. 2, pp. 62—72, available at: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2019-2-62-72> (Accessed 02 October 2020).

14. Reshetnyak, O. (2020), "Research of problems of financing of scientific activity in Ukraine with use of the cognitive approach", Naukovyy visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Seriya: Ekonomika i menedzhment, vol. 42, pp. 134—142, available at: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2020/42-2020/26.pdf> (Accessed 02 October 2020).

15. State Statistics Service of Ukraine (2020). available at: <http://www.ukrstat.gov.ua> (Accessed 02 October 2020).

Стаття надійшла до редакції 03.10.2020 р.