

УДК:005.21:621.311.24

Інна Олексіївна КУЗНЕЦОВА

доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри менеджменту організації, Одеський національний економічний університет, Україна, e-mail: inna.stream27@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3017-6165>

Ольга Сергіївна БАЛАБАШ

кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту організації, Одеський національний економічний університет, Україна, e-mail: balabash.olga@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5794-1309>

СЦЕНАРНЕ ПЛАНУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Кузнецова, І. О., Балабаш, О. С. Сценарне планування як інструмент стратегічного управління розвитком альтернативної енергетики. *Вісник соціально-економічних досліджень* : зб. наук. праць. Одеса : Одеський національний економічний університет. 2022. № 3-4 (82-83). С. 137–150.

Анотація. У статті формалізовано процедуру сценарного планування в галузі альтернативної енергетики з використанням методу крос-факторного аналізу. Метою статті є формалізація сценарного планування розвитку галузі альтернативної енергетики в контексті стратегічного управління. Для досягнення поставленої мети було використано сучасні загальнонаукові та спеціальні методи: аналізу, синтезу та логіко-теоретичного узагальнення – для виділення та систематизації факторів впливу на розвиток виробництва біопалива; статистичного аналізу – для дослідження тенденцій розвитку виробництва та експорту ріпаку як сировини для виробництва біопалива; метод сценарного планування – з метою побудови сценаріїв можливого розвитку виробництва біопалива; експертні методи – для оцінювання вірогідності факторів впливу та їх сценаріїв розвитку; дерево сценаріїв – з метою формування вектору ймовірностей настання подій. У дослідженні проаналізовано обсяги споживання первинної енергії за секторами економіки та загальну пропозицію первинної енергії за джерелами, у результаті чого встановлено тенденцію до зменшення пропозиції за невідновлюваними джерелами енергії, такими як нафта, газ, вугілля та зростаючу пропозицію по біомасі та відходам, що є джерелом для виробництва біопалива. Досліджено переваги використання біопалива та обґрунтовано доцільність розвитку його виробництва. Проаналізовано фактори, які чинять негативний вплив та можуть знизити темпи розвитку виробництва біопалива. З метою перевірки можливості та ефективності реалізації проєктів з виробництва біопалива сформовано відповідні сценарії розвитку подій. Запропоновано процедуру перехресного впливу та визначення домінуючих факторів, що на пряму впливають на розвиток діяльності «виробництво біопалива», яку відрізняє використання методу крос-факторного аналізу, що дозволяє оцінити вірогідність настання сценаріїв розвитку подій, встановити взаємовплив між ними та в подальшому розрахувати очікуваний ефект від реалізації заходів. Отримані результати є орієнтиром в управлінні трансформаційними процесами економіки в умовах паливно-енергетичних ресурсних обмежень. Прикладні результати дослідження, сценарні оцінки потенціалу розвитку даного напрямку діяльності можуть бути використані підприємствами в контексті розробки і подальшої реалізації інвестиційних проєктів з виробництва біопалива.

Ключові слова: сценарне планування; крос-факторний аналіз; фактори розвитку; стратегічне управління; біопаливо; альтернативна енергетика.

Inna KUZNETSOVA

*Doctor of Economics, Professor, Head of Management of Organizations
Department, Odessa National Economic University, Ukraine,
e-mail: inna.stream27@gmail.com,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3017-6165>*

Olha BALABASH

*PhD in Economics, Associate Professor of Management of Organizations
Department, Odessa National Economic University, Ukraine,
e-mail: balabash.olga@gmail.com,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5794-1309>*

SCENARIO PLANNING AS A TOOL FOR STRATEGIC MANAGEMENT OF ALTERNATIVE ENERGY DEVELOPMENT

Kuznetsova, I., Balabash, O. (2022). Scenario planning as a tool for strategic management of alternative energy development [Stsenarne planuvannia yak instrument stratehichnoho upravlinnia rozvytkom alternatyvnoi enerhetyky], *Socio-economic research bulletin, Visnik social'no-ekonomichnih doslidzen'* (ISSN 2313-4569), Odessa National Economic University, Odessa, No. 3-4 (82-83), pp. 137–150.

Abstract. *The article formalizes the scenario planning procedure in the field of alternative energy using the cross-factor analysis method. The purpose of the article is to formalize scenario planning for the development of the alternative energy sector in the context of strategic management. The following methods were used in order to achieve the goal: cross-factor analysis, scenario planning method, expert methods, and scenario tree. The study analyzed primary energy consumption by economic sector and the total supply of primary energy by source, resulting in a declining supply of non-renewable energy sources such as oil, gas, coal and growing supply of biomass and waste, which was a source of biofuel production. The grouping of biofuel properties from the point of view of its attractiveness as an alternative energy resource was carried out. Factors that can negatively affect the pace of development of biofuel production are systematized. Dominant factors that had a critical impact on the development of biofuels have been identified: fluctuations in prices for electricity production in the traditional way, change in the popularity of greenhouse gas emission reduction programs, fluctuations in the use of electric vehicles, fluctuations in prices for fossil fuels, change in funding for programs to reduce environmental pollution and climate change. Stages of scenario planning with the use of cross-factor analysis were offered. A scenario tree model was formed. A matrix of cross-influence was constructed using expert evaluation and a scale of relations. The procedure of cross-influence and determination of dominant factors influencing on the activity development of «biofuel production» was proposed, which was characterized by the use of cross-factor analysis, which allowed assessing the probability of scenarios, establishing the interaction between them, and further calculating the expected effect from the implementation of measures. The obtained results are a reference point in the transformational processes management of the economy in conditions of fuel and energy resource limitations. Applied research results and scenario assessments of the development potential of this activity direction can be used by entrepreneurs in the context of development and further implementation of investment projects for biofuel production.*

Keywords: *scenario planning; cross-factor analysis; development factors; strategic management; biofuel; alternative energy.*

JEL classification: *O130; P460; Q180*

DOI: [https://doi.org/10.33987/vsed.3-4\(82-83\).2022.137-150](https://doi.org/10.33987/vsed.3-4(82-83).2022.137-150)

Постановка проблеми у загальному вигляді. Протягом ХХ сторіччя зростанню світової економіки сприяли такі фактори як постійне збільшення добування природних ресурсів та відносно низькі ціни на них. Останніми роками ситуація змінюється. Відбувається здорожчання палива та енергоресурсів через зменшення їх видобутку та виробництва. За рахунок країн з швидко зростаючою економікою збільшується чисельність середнього класу. З 1980 р. по 2010 р. чисельність середнього класу у світових масштабах збільшилася на 700 млн. осіб з 1,1 до 1,8 млрд. осіб. При загальній чисельності населення 7,6 млрд. осіб, збільшення склало 23,74%. За даними демографічного департаменту ООН [1], чисельність середнього класу до 2030 р. збільшиться ще на 500 млн. осіб за рахунок таких країн як Китай, де середній клас становить 1 млрд. 400 млн. осіб, та Індія – 107 млн. осіб. У США та Європі даний показник є значно меншим, й становить 365 млн. і 414 млн. осіб відповідно [2]. На сьогодні в Китаї та Індії збільшення середнього доходу відбувається зі швидкістю, яка майже в десять разів перевищує зростання в період промислової революції. Таке збільшення чисельності середнього класу прискорює відповідне зростання попиту на всі ресурси і, у першу чергу, на енергоресурси.

Відповідно до концепції стійкого розвитку, господарська діяльність людства повинна орієнтуватися не на зростання споживання ресурсів біосфери, а на його раціоналізацію та ліквідацію залежності між економічним зростанням і забрудненням довкілля. Ці заходи вживаються з метою виконання зобов'язання перед прийдешніми поколіннями залишити достатні запаси соціальних, природних та економічних ресурсів. Раціоналізація споживання викопних енергоресурсів у поєднанні із зростаючим попитом на енергію визначають необхідність розвитку альтернативних джерел отримання енергії, у тому числі й біопалива.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років засвідчує, що у більшості джерел сценарне планування використовується з метою визначення стратегічних орієнтирів розвитку [3], однак способи, методи та інструменти реалізації залишаються дискусійними. При цьому, особливе місце займає крос-факторний аналіз, що дозволяє врахувати взаємний вплив факторів один на одного та їх загальний вплив на досліджуване явище, шляхом виділення кореляційних зв'язків між досліджуваними змінними та меншого числа гіпотетичних факторів, що мають різноспрямований вплив [4].

У сучасній науковій літературі досить інтенсивно досліджуються проблеми розвитку світової енергосистеми у контексті використання відновлюваних джерел енергії [5; 6], забезпечення паливом біоенергетичного походження [7], а також особливостей формування ринку біопалива і платформ для його постачання [8]. Загострення проблем гарантування енергетичної безпеки країн та поступове здорожчання мінеральних ресурсів визначили зростаючий інтерес до виробництва біопалива, як альтернативного джерела енергії, з боку інвесторів, комерційних структур та держави.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проте, оцінити перспективність та інвестиційну привабливість виробництва біопалива, на сьогодні, складно, оскільки необхідно врахувати вплив різноспрямованих факторів. Отже, постає завдання, з одного боку, визначити домінантні фактори та їх вплив на визначений напрям розвитку, а, з іншого, – встановити перехресний вплив факторів між собою. Це завдання можна вирішити шляхом використання інструментів сценарного планування, що дозволяє формувати комбінації

факторів з метою розробки альтернативних сценаріїв розвитку та проводити їх оцінювання.

Постановка завдання. Метою статті є встановлення перехресного впливу факторів розвитку виробництва біопалива та визначення домінантних серед них.

Вклад основного матеріалу дослідження. За даними Міжнародного енергетичного агентства FAO, до 2030 р. прогнозується значне збільшення споживання енергії у світі (з 9657 млн. т.н.е., до 11861 млн. т.н.е., тобто на 22,8%). При цьому, необхідно відмітити прогнозований ріст споживання біопалива майже в 2 рази (з 57 млн. т.н.е. до 102 млн. т.н.е.). Загальне споживання первинної енергії за секторами представлено на рис 1.

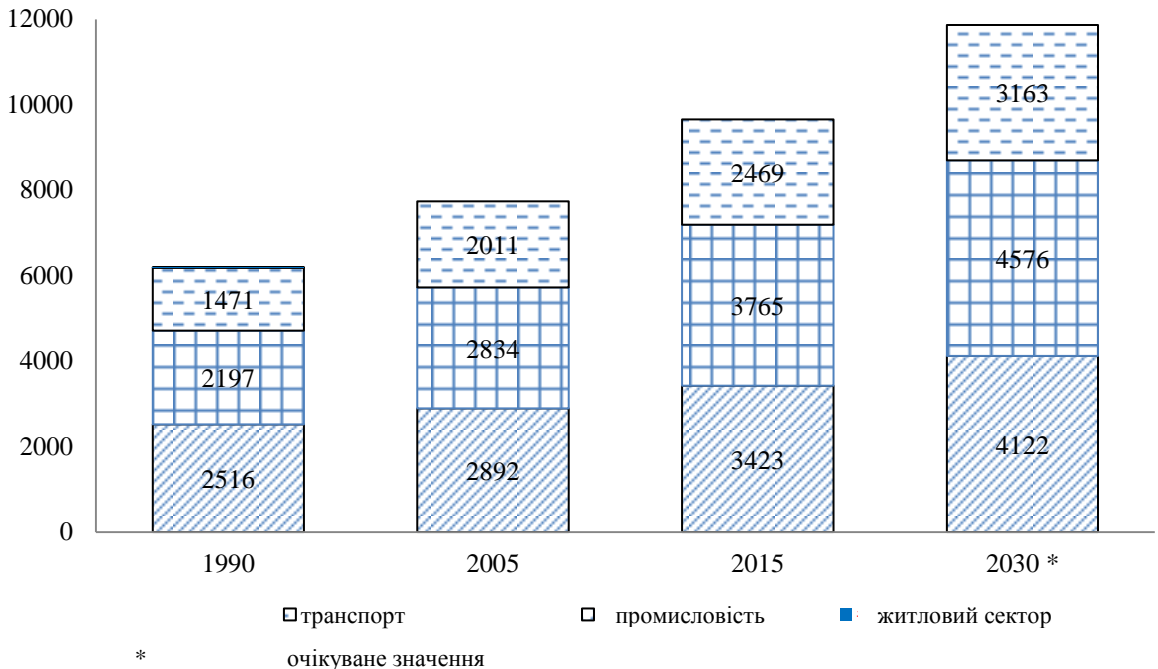
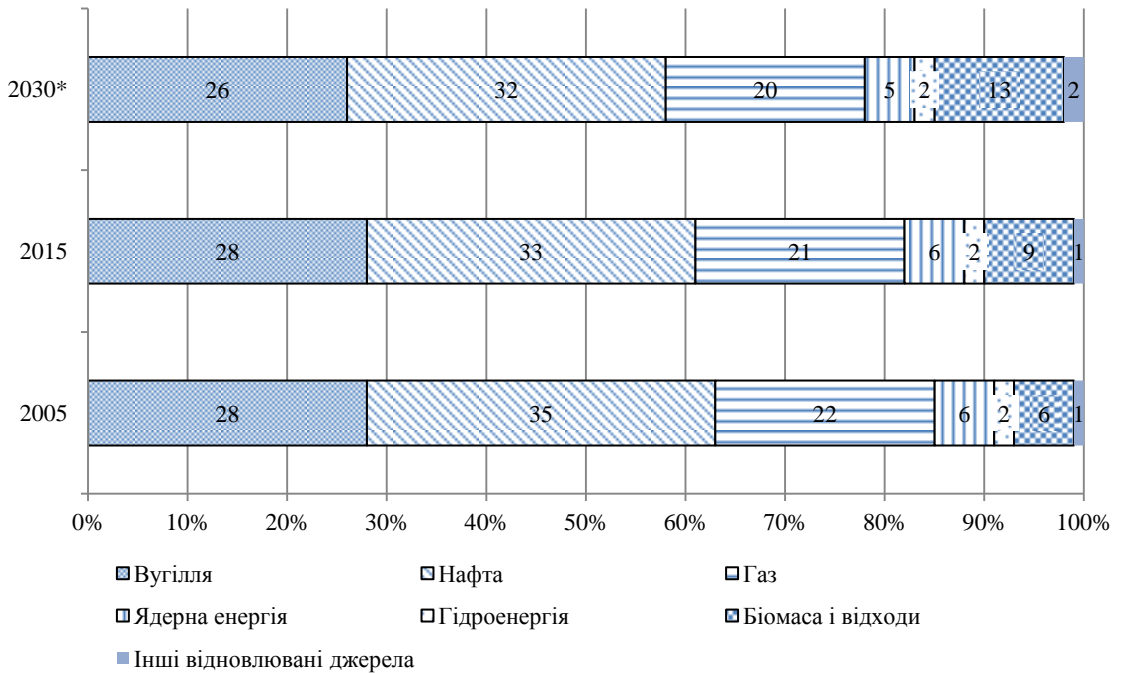


Рис. 1. Загальне споживання первинної енергії за секторами, млн. т.н.е.

Джерело: побудовано авторами на основі [1; 2]

На тлі зменшення пропозиції за невідновлюваними джерелами енергії, такими як нафта, газ, вугілля, пропозиція по біомасі та відходам, що є джерелом для створення біопалива, має тенденцію до збільшення. Загальну пропозицію первинної енергії за джерелами представлено на рис. 2.

На сьогодні, роль біопалива в контексті сукупного енергоспоживання є незначною, але за прогнозами експертів з часом вона буде зростати. З іншого боку, це підкріплено зростаючими обсягами запасів сировини для його виробництва.



* очікуване значення

Рис. 2. Загальна пропозиція первинної енергії за джерелами, %
Джерело: побудовано авторами на основі [1; 2]

Сучасні світові тенденції такі, що споживання палива постійно збільшується. Тому питання щодо альтернативних джерел не втрачають своєї актуальності. Цілком природною є альтернатива біопалива. До того ж, біопаливо має низку властивостей, які є привабливими з точки зору його споживання як енергоресурсу:

1. Дозволяє скоротити викиди парникових газів. Біопаливо відіграє важливу роль у боротьбі зі зміною клімату. Глобальне дослідження, присвячене методам зниження викидів парникових газів, показало, що до 2030 р. завдяки використанню відновлюваних джерел енергії можна скоротити викиди на 1,4 млрд. тонн – це 3% від світових викидів у всіх галузях або 15% викидів в енергетичному секторі.

2. Дозволяє скоротити споживання невідновлюваних джерел енергії. Це питання набуває особливої актуальності в сучасних умовах, коли зі зростанням цін на викопне паливо виробництво енергії за рахунок традиційних технологій дорожчає і збільшуються оптові ціни на електроенергію. У результаті цього, у більшості європейських країн, починаючи з 2000 р., ціни на енергоносії зросли більш ніж в два рази.

3. Дозволяє гарантувати безпеку поставок енергоносіїв. Ця проблема в сучасних умовах стає однією з важливих політичних тем у багатьох країнах. Відновлювальні джерела енергії можуть допомогти у вирішенні цього питання. За оцінками FAO до 2025 р., якщо 20% споживаної в Європі електрики буде добуватися за допомогою відновлюваних джерел, то імпорт газу знизиться на 150 млрд. м³, а це близько чверті обсягів сучасного імпорту.

На сьогодні, в Україні є значний потенціал з виробництва біопалива. У першу чергу, це пов'язано з розвиненою сировинною базою. Так, щороку збільшуються

обсяги вирощування такої технічної культури, як ріпак. Ріпак належить до провідних сільськогосподарських культур у світі, які є сировиною для біодизелю.

У світі, за даними досліджень та аналізу інформації FAO, насіння ріпаку вирощують у майже 65 країнах на загальній площі близько 42 млн. гектарів. Найбільше вирощують ріпаку в Канаді (8,3 млн. га), Індії (7,5 млн. га) та Китаї (6,8 млн. га). Ці ж країни є також найбільшими експортерами ріпаку.

Україна посідає провідне місце серед європейських країн з вирощування ріпаку. За даними міжнародної ради по зерну (IGC) у 2019–2020 МР прогнозується суттєве скорочення посівних площ під ріпак в Європі (до 5,8 млн. га, що є найнижчим показником за останні 12 років). Водночас, в Україні планується засіяти на 16% більше площ, ніж у попередньому періоді.

Ріпак вирощується в Україні протягом тривалого періоду часу, але останніми роками його виробництво зросло майже в десять разів (рис. 3). При цьому негативним залишається те, що експортується сировина, а внутрішня переробка ріпаку є незначною. Протягом останніх 10 років майже 90% вирощеного насіння експортується закордон (рис. 3 та 4).

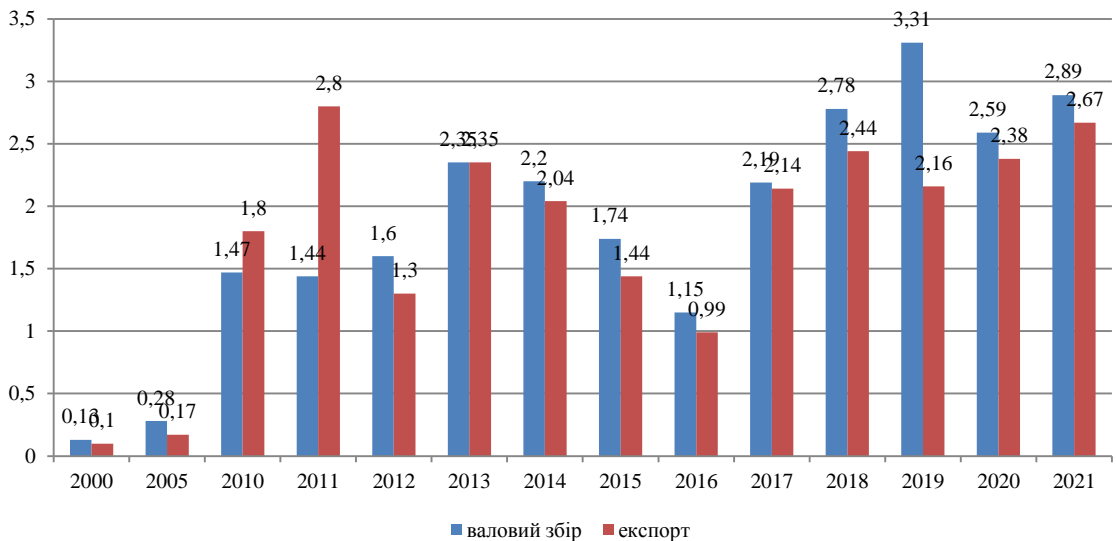


Рис. 3. Валовий збір та експорт ріпаку в Україні, млн. т.

Джерело: побудовано авторами на основі [9]

На підставі викладеного ми сформуваємо гіпотезу: якщо є відповідні умови, то економічно доцільно не тільки займатися виробництвом ріпаку, але й більше зосередитися на його переробці, зокрема, на біопаливо.

Разом з тим, альтернатива використання біопалива як енергоресурсу не є однозначною через низку негативних факторів.

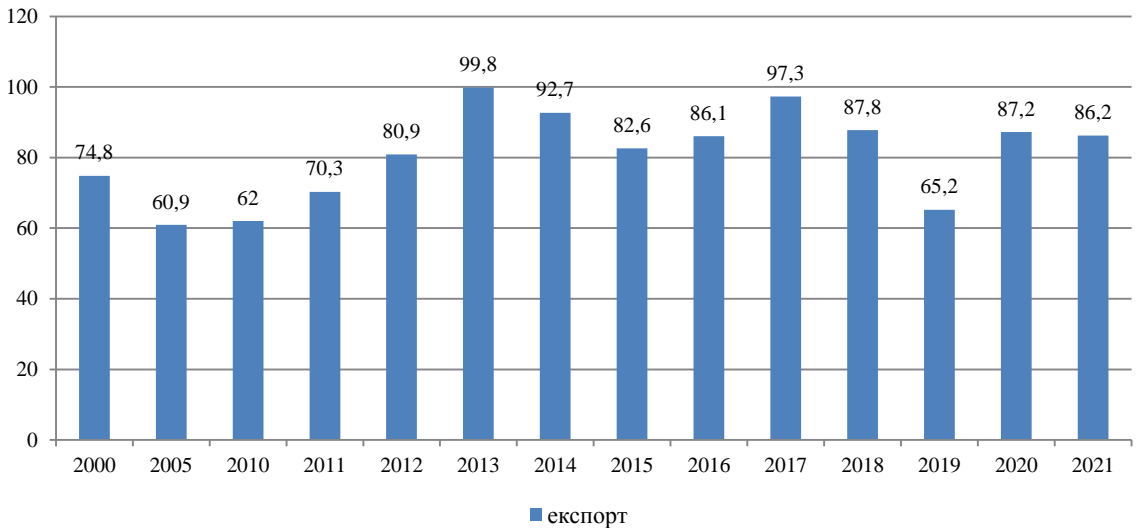


Рис. 4. Частка експорту ріпаку у загальному виробництві, %
Джерело: побудовано авторами на основі [9]

До факторів, які чинять негативний вплив та можуть знизити темпи розвитку виробництва біопалива належать:

1. Ризик стійкого зниження цін на викопні енергоносії. В даних умовах використання біопалива та інших видів відновлюваних джерел енергії буде економічно не доцільним. Поряд з цим, знизиться ризик невиконання гарантій поставок енергоресурсів.

2. Скорочення прибутковості деяких учасників виробничо-комерційного ланцюга. Наприклад, удорожчання рослинної олії призводить до зниження доходності електростанцій, що працюють на біомасі.

3. Ріст добування і постачання вугілля може призвести до зниження цін на вугілля та електроенергію, що, у свою чергу, негативно вплине на привабливість біопалива як джерела енергії.

4. Зниження актуальності проблеми забруднення навколишнього середовища та зміни клімату може призвести до зниження підтримки та затребуваності «зеленої» енергетики загалом, та біопалива зокрема.

5. Конкурентоспроможність біопалива залежить від політичної волі уряду держави. За відсутності субсидування з боку держави біопаливо, зазвичай, не конкурентоздатне, порівняно з мінеральним паливом, навіть при високих цінах на сиру нафту. Ситуацію може змінити розвиток технології з його виробництва.

Зростаюча кількість країн, що розвиваються, також впроваджують політику з дотримання принципів стійкого розвитку, і, зокрема, з популяризації виробництва і споживання біопалива. До розповсюджених інструментів такої політики відносяться обов'язкове змішування біопалива з паливом на основі нафти, субсидії на виробництво біопалива, податкові пільги та ін. Така політика чинить значний вплив на рентабельність виробництва біопалива.

Політика державної підтримки виробництва біопалива негативно впливає на ринки сільськогосподарської продукції на національному та світовому рівнях, а також порушувала розвиток ефективної міжнародної виробничої структури для біопалива та сировини для його виробництва. Ціни на біопаливо та

сільськогосподарську сировину для його виробництва залежить від цін на енергоносії на основі нафти, оскільки енергетичні ринки є значно більшими від сільськогосподарських. Ціни на енергоносії здійснюють вплив на ціни на сільськогосподарські товари, які мають спільну сировинну базу, оскільки сировина для біопалива конкурує з сільськогосподарськими культурами за виробничі ресурси.

Разом з тим, активно розвиваються альтернативні технології – це електромобілі. У світі, на сьогодні, сегмент електромобілів поступово зростає. За прогнозами, до 2020 р. електромобілі займуть 10% ринку. Українці у 2017 році придбали 2 697 легкових електромобілів, що в 2,3 рази більше, ніж у 2016 році. У результаті частка автомобілів з нульовим рівнем викидів на первинному ринку легкових автомобілів становить майже 2%. Проте, сегмент вантажного, промислового і громадського транспорту буде охоплений не скоро. Також є низка недоліків, що знижують конкурентоздатність електромобілів, порівняно зі звичайними. Це порівняно висока ціна, малий запас ходу і тривалості заряду. Клімат України також накладає обмеження на використання електромобілів: низькі температури знижують ємність акумуляторів і потребують додаткових витрат енергії на обігрів автомобіля. Вагомими є також інфраструктурні складності, а саме, низька розгалуженість мережі зарядних станцій, що сукупно з тривалим часом зарядки гальмує впровадження електромобільного транспорту в Україні.

Отже, на основі викладеного, можемо дійти висновку, що виробництво біопалива пов'язано з низкою факторів. Подальша систематизація та оцінювання факторів впливу має стратегічне значення для розвитку досліджуваного напрямку [10; 11]. Визначені та деталізовані фактори потребують систематизації, оскільки чинять як позитивний, так і негативний вплив на розвиток даного сектору. З метою перевірки можливості та ефективності реалізації розвитку виробництва біопалива сформуємо сценарії розвитку. З цією метою та за результатами проведеного аналізу можемо визначити наступні критичні події:

- коливання цін на виробництво електроенергії традиційним способом;
- зміна популярності програм скорочення викидів парникових газів;
- коливання обсягів використання електромобілів;
- коливання цін на вкопні енергоносії;
- зміна обсягів фінансування програм зниження забруднення навколишнього середовища та зміни клімату.

На основі встановлених критичних подій з використанням крос-факторного аналізу [4], конкретизуємо можливі сценарії розвитку. Експертним методом встановимо вірогідність настання подій та визначимо вірогідність настання сценаріїв (табл. 1).

Таблиця 1

Вихідні дані для крос-факторного аналізу

Ситуація	Вірогідність настання	Сценарій розвитку	Вірогідність настання сценарію
Колівання цін на виробництво електроенергії традиційним способом	0,17	Зниження (зн)	0,10
		Незмінний (нз)	0,15
		Збільшення (зб)	0,75
Зміна популярності програм скорочення викидів парникових газів	0,18	Зниження (зн)	0,10
		Незмінний (нз)	0,40
		Збільшення (зб)	0,50

Продовження табл. 1

Коливання обсягів використання електромобілів	0,3	Зниження (зн)	0,10
		Незмінний (нз)	0,35
		Збільшення (зб)	0,55
Коливання цін на вичопні енергоносії	0,2	Зниження (зн)	0,35
		Незмінний (нз)	0,20
		Збільшення (зб)	0,45
Зміна обсягів фінансування програм зниження забруднення навколишнього середовища та зміни	0,15	Зниження (зн)	0,33
		Незмінний (нз)	0,33
		Збільшення (зб)	0,34
Сума вірогідності	1	-	-

Джерело: побудовано авторами

З метою наочного відображення розвитку подій та імовірностей їх настання, а також розрахунку загальної імовірності кожного зі сценаріїв, побудуємо дерево сценаріїв (рис. 5).

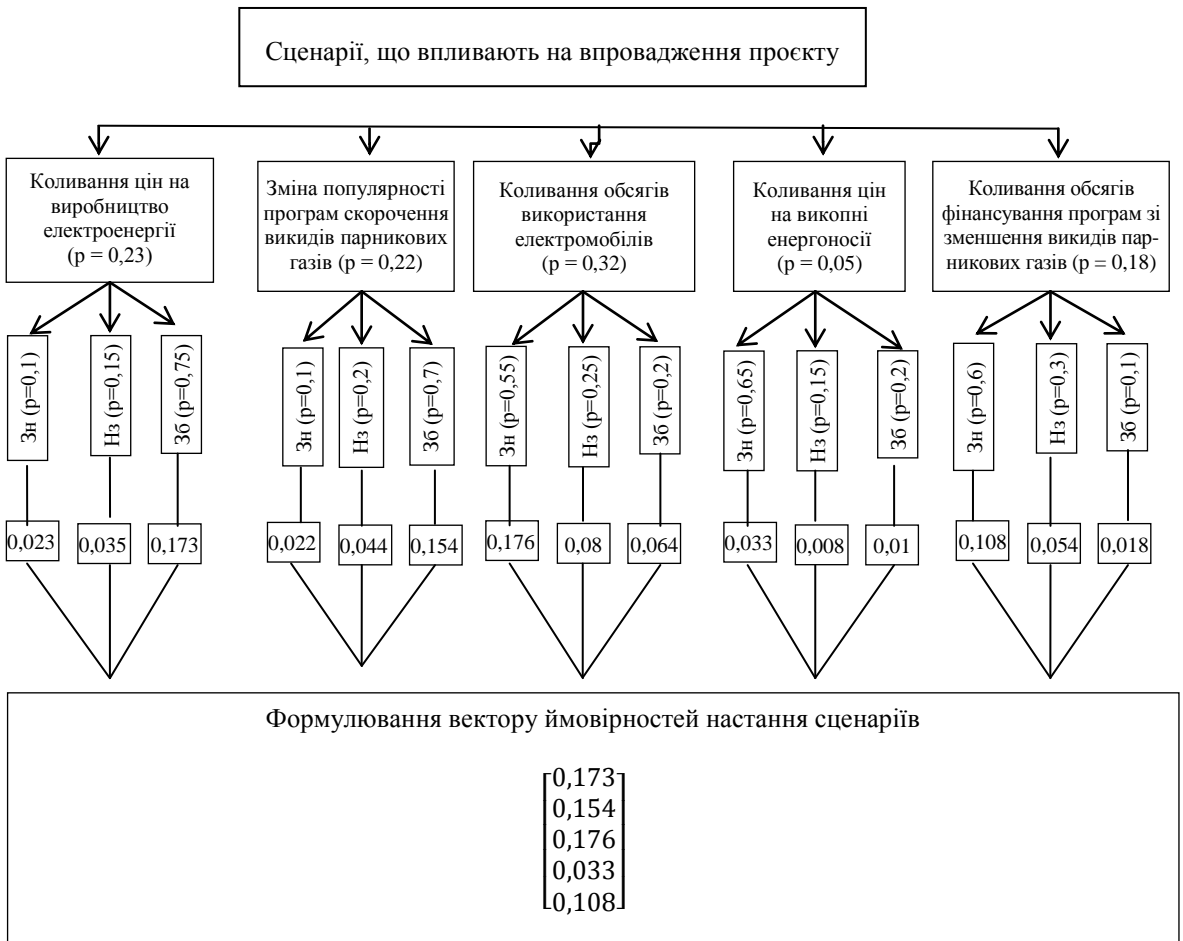


Рис. 5. Дерево сценаріїв
Джерело: побудовано авторами

Отже, нами виокремлено низку факторів, що впливають на виробництво біопалива, та сформовано певні сценарії розвитку. Їх специфіка полягає у взаємному перехресному впливі. Так, «Популяризація програм скорочення викидів парникових газів» сприятиме зменшенню негативного впливу «Поширення використання електромобілів». Тому виникає питання врахувати цей перехресний вплив та визначити домінуючі фактори. З цією метою доречно провести крос-факторний аналіз. Найбільш повно врахувати перехресний вплив факторів дозволить формування двох матриць, які б визначали, з одного боку, вплив одних факторів на інші, а, з іншого, – їх ланцюговий вплив [4].

Побудуємо матрицю крос-впливів визначених сценаріїв (табл. 2), що дозволяє встановити взаємовплив обраних подій. Матриця крос-впливів дозволяє представити вплив одного сценарію з урахуванням настання іншого на реалізацію заходів з розвитку виробництва біопалива.

Таблиця 2
Матриця крос-впливів сценаріїв розвитку виробництва біопалива

Взаємовплив сценаріїв		Провідні події				
		Здороження виробництва електроенергії традиційним способом	Популяризація програм скорочення викидів парникових газів	Поширення використання електромобілів	Зростання цін на вичопні енергоносії	Збільшення фінансування програм по зменшенню забруднення навколишнього середовища та зміни клімату
Керовані події	Здороження виробництва електроенергії традиційним способом	3	2	2	1	2
	Популяризація програм скорочення викидів парникових газів	1	2	4	2	3
	Поширення використання електромобілів	1	3	-4	1	2
	Зростання цін на вичопні енергоносії	1	3	2	3	3
	Збільшення фінансування програм по зменшенню забруднення навколишнього середовища та зміни клімату	3	5	2	3	3

Джерело: побудовано авторами

Для визначення ступеню та напрямку впливу використаємо шкалу від -5 до +5, обґрунтовану в [12].

Побудуємо матрицю умовних ймовірностей крос-впливів (табл. 3). Дані матриці відображають вірогідність впливу одних сценаріїв, за умови, що вони вже відбулися, на інші.

Таблиця 3

Матриця умовних ймовірностей крос-впливів сценаріїв розвитку виробництва біопалива

Взаємовплив сценаріїв		Провідні події				
		Здороження виробництва електроенергії традиційним способом	Популяризація програм скорочення викидів парникових газів	Поширення використання електромобілів	Зростання цін на вичопні енергоносії	Збільшення фінансування програм по зменшенню забруднення навколишнього середовища та зміни клімату
Керовані події	Здороження виробництва електроенергії традиційним способом	1	0	0	0	0
	Популяризація програм скорочення викидів парникових газів	0,1	1	0	0,8	0,1
	Поширення використання електромобілів	0,1	0,7	1	0,5	0,3
	Зростання цін на вичопні енергоносії	0	0	0	1	0
	Збільшення фінансування програм по зменшенню забруднення навколишнього середовища та змін клімату	0	0	0,1	0,7	1

Джерело: побудовано авторами

У результаті ми можемо сформуванати наступні крос-факторні матриці. Де, матриця А – матриця крос-впливів сценаріїв, а матриця В – матриця умовних ймовірностей крос-впливів сценаріїв розвитку виробництва біопалива.

$$A = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & -4 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ 3 & 5 & 2 & 3 & 3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,1 & 1 & 0 & 0,8 & 0,1 \\ 0,1 & 0,7 & 1 & 0,5 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1 & 0,7 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Розрахуємо матрицю перехресного впливу (X):

$$X = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 4 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & -4 & 1 & 2 \\ 1 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ 3 & 5 & 2 & 3 & 3 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,1 & 1 & 0 & 0,8 & 0,1 \\ 0,1 & 0,7 & 1 & 0,5 & 0,3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,1 & 0,7 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,4 & 3,4 & 2,2 & 5 & 2,8 \\ 1,6 & 4,8 & 4,3 & 7,7 & 4,4 \\ 0,9 & 0,2 & -3,8 & 2,8 & 1,1 \\ 1,5 & 4,4 & 2,3 & 8,5 & 3,9 \\ 3,7 & 6,4 & 2,3 & 10,1 & 4,1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Оцінювання обраного напрямку розвитку проведемо шляхом зважування кожного сценарію та розрахунку вектору S:

$$S = \begin{bmatrix} 3,4 & 3,4 & 2,2 & 5 & 2,8 \\ 1,6 & 4,8 & 4,3 & 7,7 & 4,4 \\ 0,9 & 0,2 & -3,8 & 2,8 & 1,1 \\ 1,5 & 4,4 & 2,3 & 8,5 & 3,9 \\ 3,7 & 6,4 & 2,3 & 10,1 & 4,1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,128 \\ 0,090 \\ 0,165 \\ 0,090 \\ 0,051 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,697 \\ 2,260 \\ 0,190 \\ 1,930 \\ 2,550 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Додавши всі елементи вектору, отримаємо число, яке дорівнює: 8,627, що свідчить про позитивний перехресний вплив факторів.

Отже, за підсумками крос-факторного аналізу, варто зазначити, що нами було конкретизовано низку сценаріїв, реалізація яких матиме негативний вплив на розвиток виробництва біопалива в Україні, а саме: зниження цін на виробництво електроенергії традиційним способом, втрата популярності програм скорочення викидів парникових газів, зниження цін на викопні енергоносії, ріст обсягів використання електромобілів, зниження обсягів фінансування програм зниження забруднення навколишнього середовища та зміни клімату. За результатами проведеного аналізу встановлено, що більшість з них мають низьку вірогідність настання. Фактор «збільшення обсягів використання електромобілів» має високу ймовірність настання та може завдати негативного впливу на розвиток виробництвом біопалива.

Висновки і перспективи подальших розробок. Відповідно до проведеного аналізу ґрунтовно доведено, що роль біопалива в контексті сукупного енергоспоживання у світі зростатиме. Обґрунтовано доцільність інтенсифікації виробництва біопалива. Конкретизовано та досліджено фактори, котрі мають як негативний, так і позитивний вплив на розвиток даного напрямку. З використанням методу крос-факторного аналізу досліджено перехресний вплив факторів розвитку виробництва біопалива та визначено домінантні фактори. Формалізовано процедуру сценарного планування в галузі альтернативної енергетики з використанням методу крос-факторного аналізу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз прикладних результатів сценарного оцінювання потенціалу розвитку даного напрямку діяльності в контексті розробки і подальшої реалізації інвестиційних проєктів з виробництва біопалива.

Література

1. *Ensure sustainable consumption and production patterns. Sustainable Development Goals / Food and Agriculture Organization (FAO) : website. URL: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-12/en> (access date: 15.10.2022).*
2. *How to feed the world's population in 2050 / Food and Agriculture Organization (FAO) : website. URL: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wfs/docs/synthesis_papers/How_to_Feed_the_World_in_2050_RU.pdf (access date: 15.10.2022).*
3. Battistella C., Toni A. A methodology of technological foresight : A proposal and field study. *Technological Forecasting and Social Change*. 2011. No. 78. Pp. 1029–1048. DOI: 10.1016/j.techfore.2011.01.006.
4. Kenneth Ch. A New Look at the Cross-Impact Matrix and its Application in Futures Studies. *Journal of Futures Studies*. 2008. No. 12 (4). Pp. 45–52.

5. Panula-Ontto J., Luukkanen J. Cross-impact analysis of Finnish electricity system with increased renewables : Long-run energy policy challenges in balancing supply and consumption. *Energy Policy*. 2018. No. 118. Pp. 504–513. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.04.009.
6. Chen J., Li C., Ristovski Z. A review of biomass burning: emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Sci. Total Environ*. 2017. No. 579. Pp. 1000–1034. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.025.
7. Correa D., Beyer H., Fargione J., Hill J., Possingham H., Thomas-Hall S., Schenk P. Towards the implementation of sustainable biofuel production systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. No. 107. Pp. 250–263. DOI: 10.1016/j.rser.2019.03.005.
8. Nugroho Y., Zhu L. Platforms planning and process optimization for biofuels supply chain. *Renewable Energy*. 2019. No. 140. Pp. 563–579. DOI: 10.3390/en12214092.
9. Державна служба статистики України : сайт. URL: <http://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 20.10.2022).
10. Balabash O., Kuznetsova I., Levytska I., Zaika S., Skrypko T. Strategic Management of the Enterprise : Analysis of Sectoral Determinants. *Independent Journal of Management & Production*. 2022. No. 13 (3). Pp. 196–214. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v13i3.1992>.
11. Кузнецова І. О., Балабаш О. С., Карпенко Ю. В., Сокуренько І. А. *Прийняття управлінських рішень : методи та моделі* : монографія / за заг. ред. І. О. Кузнецової. Харків : Діса Плюс, 2022. 154 с.
12. Кузнецова І. О., Балабаш О. С. та ін. *Технології стратегічного управління стійким розвитком сучасних організацій* : монографія. Харків : Діса Плюс, 2020. 228 с. URL: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/11832> (access date: 15.10.2022).

References

1. *Ensure sustainable consumption and production patterns. Sustainable Development Goals* (2019), Food and Agriculture Organization (FAO): website. Retrieved from: <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-12/en>.
2. *How to feed the world's population in 2050* (2019), Food and Agriculture Organization (FAO): website. Retrieved from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/synthesis_papers/How_to_Feed_the_World_in_2050_RU.pdf.
3. Battistella, C. and Toni, A. (2011). A methodology of technological foresight: A proposal and field study, *Technological Forecasting and Social Change*, No. 78, pp. 1029–1048. DOI: 10.1016/j.techfore.2011.01.006
4. Kenneth, Ch. (2008). A New Look at the Cross-Impact Matrix and its Application in Futures Studies, *Journal of Futures Studies*, No. 12 (4), pp. 45–52.
5. Panula-Ontto, J., Luukkanen, J., Kaivo-oja, J., O'Mahony, T., Vehmas, J., Valkealahti, S., Björkqvist, T., Korpela, T., Järventausta, P., Majanne, Y., Kojo, M., Aalto, P., Harsia, P., Kallioharju, K., Holtinen, H., & Repo, S. (2018). Cross-impact analysis of Finnish electricity system with increased renewables: Long-run energy policy challenges in balancing supply and consumption, *Energy Policy*, No. 118, pp. 504–513. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.04.009.
6. Chen, J., Li, C., Ristovski, Z., Milic, A., Gu, Y., Islam, M. S., Wang, S., Hao, J., Hao, J., Zhang, H., He, C., Guo, H., Hongbo, F., Miljevic, B., Morawska, L., Thai, P., Lam, Y. F., Pereira, G., Ding, A., Huang, X., Dumka, U. C. (2017). A review of biomass burning: emissions and impacts on air quality, health and climate in China. *Sci. Total Environ*, No. 579, Pp. 1000–1034. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.11.025.
7. Correa, D., Beyer, H., Fargione, J., Hill, J., Possingham, H., Thomas-Hall, S., Schenk, P. (2019). Towards the implementation of sustainable biofuel production systems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, No. 107, pp. 250–263. DOI: 10.1016/j.rser.2019.03.005.
8. Nugroho, Y., & Zhu, L. (2019). Platforms planning and process optimization for biofuels supply chain, *Renewable Energy*, No. 140, pp. 563–579. DOI: 10.3390/en12214092.

9. *State Statistics Service of Ukraine*: website [Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy: vebsait]. Retrieved from: <http://ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian]
10. Balabash, O., Kuznetsova, I., Levytska, I., Zaika, S., Skrypko, T. (2022). Strategic Management of the Enterprise: Analysis of Sectoral Determinants, *Independent Journal of Management & Production*, No. 13 (3), pp. 196–214. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v13i3.1992>.
11. Kuznetsova, I. O., Balabash, O. S., Karpenko, Y. V., & Sokurenko, I. A. (2022). *Management decision-making: methods and models*: monograph [Pryiniattia upravlinskykh rishen: metody ta modeli: monohrafiia], Disa plius, Kharkiv, 154 s. [in Ukrainian]
12. Balabash, O. & Kuznetsova, I. (2020). *Technologies of strategic management of sustainable development of modern organizations*: monograph [Tekhnolohii stratehichnoho upravlinnia stalym rozvytkom suchasnykh orhanizatsii: monohrafiia], Disa plius, Kharkiv, 228 s. Retrieved from: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/11832> [in Ukrainian]