

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292.
Ефективна економіка. 2023. № 11.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.11.30>

УДК 338.012; 330.04

*К. О. Бояринова,
д. е. н, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5879-2213>

*К. С. Степанчук,
магістрант кафедри економічної кібернетики,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»*

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8178-0752>

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*K. Boiarynova,
Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Economic
Cybernetics, National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
K. Stepanchuk,
Master's student of the Department of Economic Cybernetic,
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF THE ALTERNATIVE ENERGY OF UKRAINE UNDER THE MARTIAL LAW

У статті досліджено результати економіко-математичного моделювання для оцінки інвестиційної привабливості альтернативної енергетики в Україні в умовах воєнного стану на прикладі оцінки станцій на біомасі. Перша модель у статті передбачає оцінку інвестиційної привабливості альтернативної енергетики за допомогою агрегованої оцінки статистичних та експертних даних. За результатами моделювання визначили, що у 2019 році альтернативна енергетика в Україні мала найбільшу оцінку інвестиційної привабливості. Друга модель побудована для щомісячної оцінки інвестиційної привабливості як галузі загалом, так і окремих видів станцій на ВДЕ. Оцінка інвестиційної привабливості представлена чотирьохфакторною виробничою моделлю, яка також враховує воєнні ризики. Друга модель враховує тенденції на ринку, зокрема обсяг виробництва енергії з ВДЕ та вплив факторів на його динаміку. Для побудови прогнозів на рік було використано два сценарії розвитку – оптимістичний та песимістичний. Результати моделювання та їх порівняння з реальними даними, показали, що інвестиційна привабливість станцій на біомасі розвивається за песимістичним сценарієм. У подальшому існує потреба розбудови моделі з метою оптимізації втрат від впливу ризиків.

The article examines the results of economic-mathematical modeling for assessing the investment attractiveness of alternative energy in Ukraine under martial law, using the example of biomass stations. The relevance of the study of the investment attractiveness of alternative energy of Ukraine was determined based on the study of statistical and analytical materials, as well as research by Ukrainian and foreign scientists. Two models were considered in the article. The first model provides an assessment of the investment attractiveness of alternative energy using an annual aggregated assessment of statistical and expert data. In particular, the components of the first model in the article are an indicator of the importance of the industry; industry security index for the country; indicator of return on equity of enterprises; indicator of inflation resistance of the industry. According to the results it was determined that the alternative energy in Ukraine had the highest assessment of investment attractiveness in 2019. The second model is built for the monthly assessment of the investment

attractiveness of both the industry as a whole and individual types of RES stations. The assessment of investment attractiveness is presented by a four-factor production model, which also takes into account the military risks of destruction of capacity. In addition, the second model aims to take into account trends in the market, in particular, the volumes of energy production from RES and the influence of factors on their dynamics. The article assumes that the volume of production is affected by the purchase/sale price, demand, inflation, seasonality, GDP, growth rates of new capacity. During the study, it was found that the production of electricity from alternative sources is also influenced by a lag variable, i.e., the volume of production in previous periods. A scenario approach was used to test the model and build forecasts for the year. The first, optimistic, scenario predicts GDP growth, a decrease in the inflation index, and an increase in investment income. The second, pessimistic, scenario considers the reverse trend. The results and their comparison with real data showed that the investment attractiveness of biomass stations is developing according to a pessimistic scenario. In the future, there is a need to develop the model in order to optimize losses from exposure to risks.

Ключові слова: альтернативна енергетика, інвестиційна привабливість, економетричне моделювання, авторегресійні моделі, метод інструментальних змінних, сценарне моделювання.

Keywords: alternative energy, investment attractiveness, econometric modeling, autoregression models, method of instrumental variables, scenario modeling.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Розбудова альтернативної енергетики є стратегічним пріоритетом України у забезпеченні сталого розвитку. Саме тому визначення інвестиційної привабливості та її складових є важливим завданням для залучення коштів і створення сприятливого інвестиційного клімату. Багаторівневість суб'єктів інвестиційної привабливості безсумнівно дозволяє виділити певні власні особливості у підходах до оцінки, але при цьому всі рівні взаємозалежно пов'язані між собою. Специфікою визначення інвестиційної

привабливості галузі є недостатність використання лише фінансових показників, оскільки на рішення потенційних інвесторів впливає і низка соціальних, політичних, культурних факторів. Тому для моделювання інвестиційної привабливості альтернативної енергетики слід враховувати усі зазначені чинники, що підвищуватиме точність та ефективність моделі. Це у свою чергу забезпечить інвесторів вичерпними і достовірними результатами щодо пріоритетних секторів вкладення коштів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізу інвестиційної привабливості альтернативної енергетики вченими приділено достатню увагу, проте питання визначення пріоритетів залишається актуальним. Зокрема О. А. Підлісна, Л. М. Чепіжко виконано аналіз інвестиційної привабливості альтернативної енергетики України за джерелами генерації, а також визначено підходи до формування дорожніх карт залучення інвестицій з позиції їх прибутковості і ефективності [1]. О. Трофименко розглянуто процеси формування та реалізації механізмів інноваційного розвитку енергетичного сектору національної економіки в умовах четвертої промислової революції [2]. Науковцями опрацьовуються і аспекти економіко-математичного моделювання інвестиційної привабливості. Зокрема Т. Г. Чала, Ю. В. Прядко, О. І. Славута здійснили статистичне моделювання розвитку енергетичного ринку [3], В. І. Востряковою оцінено потенціал відновлювальної енергетики [4].

Безпосередньо метод оцінювання інвестиційної привабливості галузі запропонував вітчизняний науковець І.О. Бланк [5]. У роботі пропонується використати поглиблену оцінку окремих галузей, під якою розуміється інтегральна їх характеристика з точки зору перспективності її розвитку, рівня прибутковості галузі та ризику інвестицій [5]. Оцінка інвестиційної привабливості окремих галузей економіки, у нашому випадку галузі альтернативної енергетики, здійснюється за елементами, що наведено на рис. 1. Включені до зазначеного методу елементи розглядаються як агреговані результати проведення оцінки конкретних аналітичних показників [5]. Розрахунок складається з поєднання статистичних даних і експертних оцінок [5].

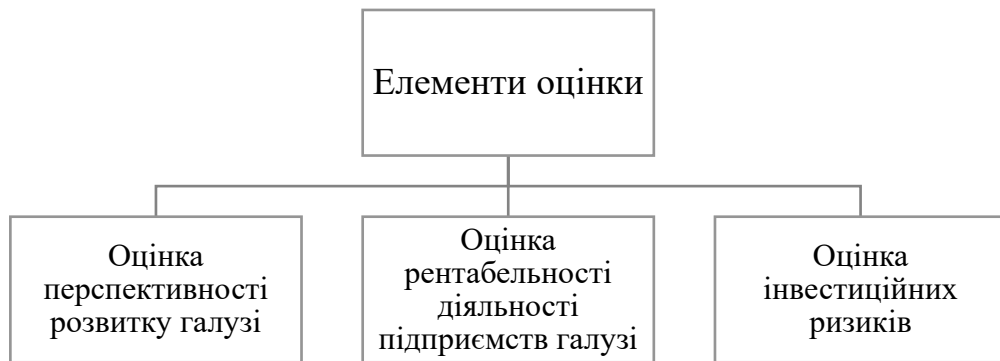


Рис.1. Основні елементи оцінки інвестиційної привабливості галузей

Джерело: сформовано на основі [5]

За пропозиціями І.О. Бланка оцінювання розмежовано на три елементи. Перший – оцінка перспективності розвитку галузі. До її інтегрального розрахунку включено показники [5]:

- *значущість галузі для країни* (цей показник припускає фактичну вагу результатів діяльності галузі у ВВП країні);
- *стійкість галузі до економічних циклів* (показник стійкості базується на співвідношенні динаміки обсягу виробництва продукції галуззю та динаміки ВВП країни);
- *соціальна вагомість галузі* (для оцінки показника враховуються кількість зайнятих у галузі працівників, а також питому вагу галузевої зайнятості в загальній чисельності зайнятого населення країни);
- *забезпеченість розвитку галузі* (використовують показники обсягу інвестиційних вкладень);
- *державна підтримка розвитку галузі* (показники обсягу державних капітальних інвестиційних вкладень, а також враховуються різні пільги, у тому числі й податкові);
- *життєвий цикл галузі* [5].

Другий елемент оцінки – рентабельність діяльності підприємств галузі, оцінюється на основі наступних коефіцієнтів [5]:

- *коефіцієнт рентабельності активів*;
- *коефіцієнт рентабельності власного капіталу*;

- коефіцієнт рентабельності реалізації продукції.

Третій елемент – оцінка інвестиційних ризиків галузі, яку пропонується оцінювати за наступними показниками [5]:

- *рівень конкуренції у галузі* (показник враховує кількість гравців, які займають найвищі позиції за реалізацією продукції);
- *рівень інфляційної стійкості цін на продукцію галузі*;
- *рівень соціальної напруженості у галузі* (показник може враховувати різні фактори, наприклад, актуальними наразі для усіх галузей є вплив пандемії COVID-19 та повномасштабна війна, яка відбувається на території України. Серед більш загальних факторів, то можна порівняти середню галузеву заробітну плату з прожитковим мінімум по країні).

Слід зазначити, що для аналізу отриманого агрегованого показника важливо враховувати не лише динаміку, а й економічну нестабільність, яка спостерігається протягом значного відрізка часу, тому слід скласти ряд з останніх років спостережень.

Автором описаного підходу також було виділено ваги важливості для кожної зі складових: перспективність галузі враховується на 20%, рентабельність діяльності підприємств – 65%, а інвестиційні ризики – 15% [5]. Слід зазначити, що це експертні оцінки. Таку практику можна застосувати за відсутності статистичних даних для оцінки показників кожного елемента.

Наступний етап підрахунку загальної оцінки інвестиційної привабливості галузі полягає в підсумовуванні усіх показників кожного елемента, після чого ця сума множиться на визначені вище ваги важливості. Отримуємо інтегральний показник, який можна досліджувати в динаміці, порівнювати з іншими галузями та, найголовніше, робити висновки щодо інвестиційної привабливості галузі.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз розвитку альтернативної енергетики, у тому числі в умовах воєнного стану, та проведення економіко-математичного моделювання щодо оцінювання її інвестиційної привабливості на основі побудованої моделі впливу факторів з урахуванням воєнних ризиків.

Виклад основного матеріалу дослідження. З 2011 року Україна стала членом європейського Енергетичного співтовариства. У складі міжнародної організації Україна взяла на себе зобов'язання щодо розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Енергетична стратегія, затверджена Урядом, передбачає для досягнення 25% відновлюваних джерел у загальному постачанні первинної енергії до 2035 р., включаючи заходи щодо підвищити енергоефективність і зменшити енергоемність господарства [6].

У 2017 році в Україні була прийнята Енергетична стратегія України-2035, в якій визначено цілі для досягнення енергетичної ефективності та безпеки. Для їх досягнення країна повинна мати законодавчі механізми для стимулювання нових проєктів ВДЕ та нормативну базу для забезпечити виконання цих законів [6]. У 2023 році було розроблено нову стратегію, яка формує політику розвитку енергетики в Україні до 2050 року з урахуванням наслідків війни [7].

У виробництві електроенергії Енергетична стратегія передбачає прискорене використання відновлюваних джерел енергії. Проте протягом цього періоду енергосистема все ще покладатиметься на ядерну та вугільну енергетику.

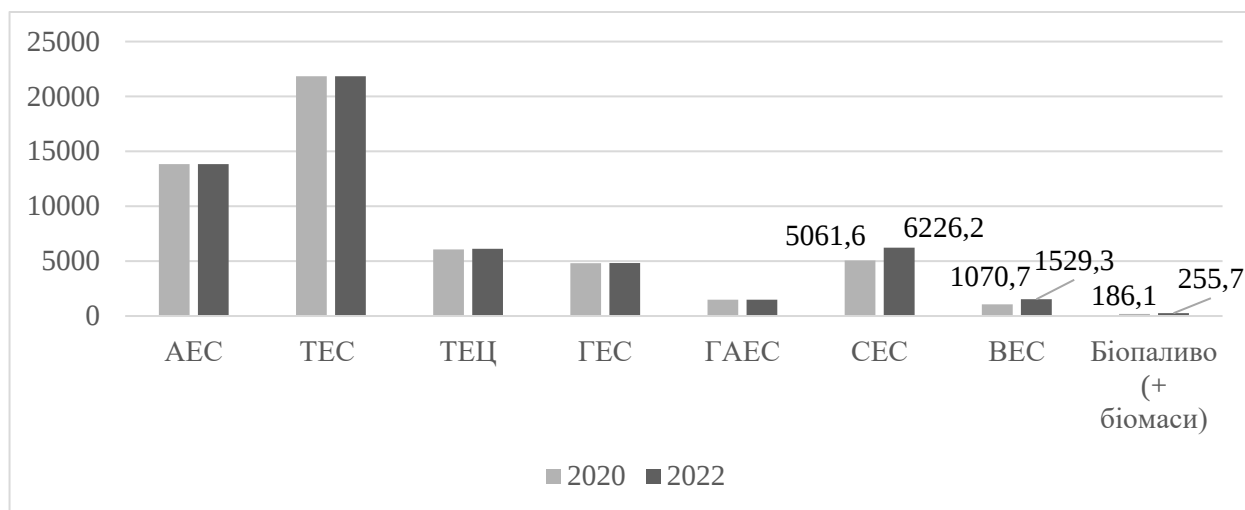


Рис. 2. Порівняння потужності енергосистеми України 2020-2021 рр., МВт

Джерело: сформовано на основі джерела [8]

Порівняно з листопадом 2020 року потужність об'єктів ВДЕ зросла на 1666,8 МВт у 2021 році, тобто на 26,38% (рис.2). Зокрема, встановлена потужність СЕС зросла на 23,1%, ВЕС на 42,8%, а біопаливо – на 23,59%.

На рис. 3 прослідкуємо динаміку росту сектору відновлювальної енергетики України, який особливо стрімко розвивався останні п'ять років. Встановлені генеруючі потужності СЕС, ВЕС та станцій на біопаливі зросли з 1142, МВт у грудні 2014 р. до 8011,2 МВт у січні 2022 р.

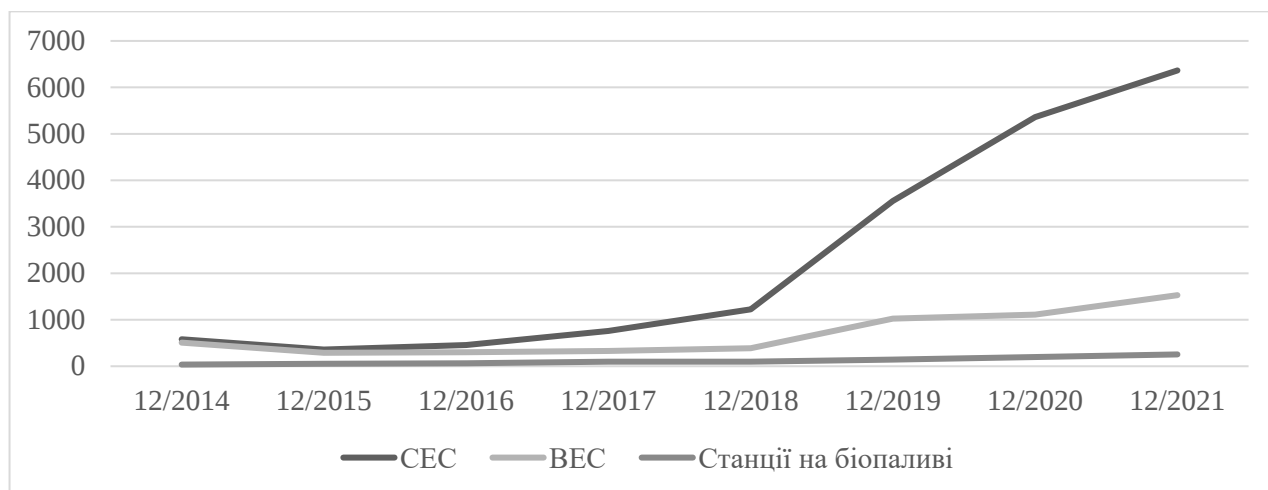


Рис 3. Динаміка росту встановленої потужності ВДЕ, МВт, грудень 2014 – грудень 2021

Джерело: сформовано на основі джерела [8]

За великого потенціалу сектору альтернативної енергетики в Україні, повномасштабне вторгнення росії призупинило стрімкий розвиток галузі «зеленої» енергетики та стало причиною значних руйнувань та відповідному зменшенню виробництва.

Якщо порівнювати виробництво відновлюваними джерелами енергії в перших кварталах 2020 та 2022 років [9] з динамікою виробництва на рис. 4 та із середніми темпами зростання виробництва в табл. 1 можна побачити, що виробництво скоротилося вдвічі за аналогічні періоди.

Таблиця 1. Середні темпи зростання виробництва енергії в I кварталах 2020 та 2022 рр.

	2020	2022
Середні темпи зростання	-15,12%	-36,46%

Джерело: сформовано на основі джерела [9]

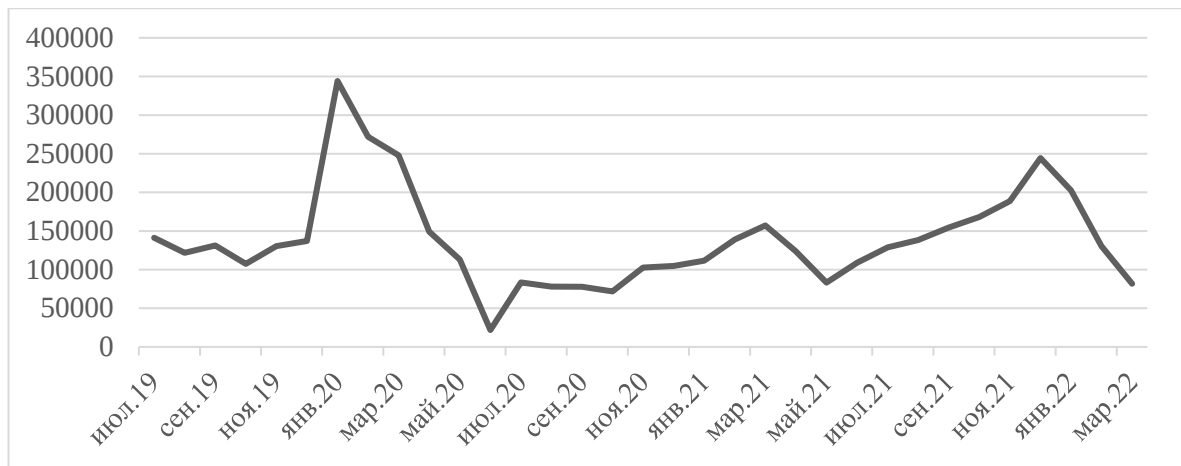


Рис. 4. Виробництво ВДЕ, липень 2019 – березень 2022 рр., МВт*год

Джерело: сформовано на основі джерела [9]

Відновлювана енергетика під високою загрозою повного або часткового знищення через війну в Україні. 47% встановленої потужності електростанцій на відновлюваних джерелах енергії наявні в регіонах, де ведуться або велись активні бойові дії [9]. Переважна більшість вітрових та сонячних електростанцій в Україні побудована в південних областях країни – Запорізькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській [9].

Проте, окрім СЕС та ВЕС, енергетична галузь України має значний потенціал виробництва біопалива та біомас, відповідно й виробництва електроенергії та теплової енергії. Інвестиції в цю галузь ризиковані через регулярні обстріли, проте дійсно має можливості окупитись найближчим часом. Нові станції на біопаливі будуються навіть під час війни в Україні, і нарощення потужності планується і надалі.

Для розрахунку інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики побудовано інтегральну оцінку за підходом І.О. Бланка. Включені до цього методу елементи розглядаються як агреговані результати проведення оцінки конкретних аналітичних показників. Розрахунок складається з поєднання статистичних даних і експертних оцінок [5].

Розрахуємо показник значущості галузі для країни (табл. 2). Він передбачає порівняння результатів діяльності галузі – виробництво електроенергії з станцій,

що працюють на відновлювальних джерелах енергії, та ВВП країни (з урахуванням підходу [5]):

$$ratio_t^{11} = \frac{production_t}{GDP_t}, \quad (1)$$

де: $ratio_t^{11}$ – показник значимості галузі для країни

$production_t$ – обсяг виробництва е/е з ВДЕ, кВт*год

GDP_t – ВВП, млн. грн.

Таблиця 2. Результат розрахунку показника значущості галузі для країни, 2017-2022 рр.

	Обсяг виробленої електроенергії, млн кВт*год	Номінальний ВВП, млн. грн.	Відношення
2017	2094,56	2982920	0,0007
2018	2789,14	3558706	0,0008
2019	5602,99	3974564	0,0014
2020	10220,69	4194102	0,0024
2021	11442,39	5459574	0,0021
2022	8009,28	5191028	0,0015

Джерело: сформовано на основі джерела [9,10]

Відношення показало, що у 2017 році на кожну гривню ВВП припадає 0,0007 кВт*год електроенергії з ВДЕ, у 2018 – 0,0008 кВт*год, у 2019 – 0,0014 кВт*год, у 2020 – 0,0024 кВт*год, у 2021 – 0,0021 кВт*год., у 2022 – 0,0015 кВт*год (рис. 5).

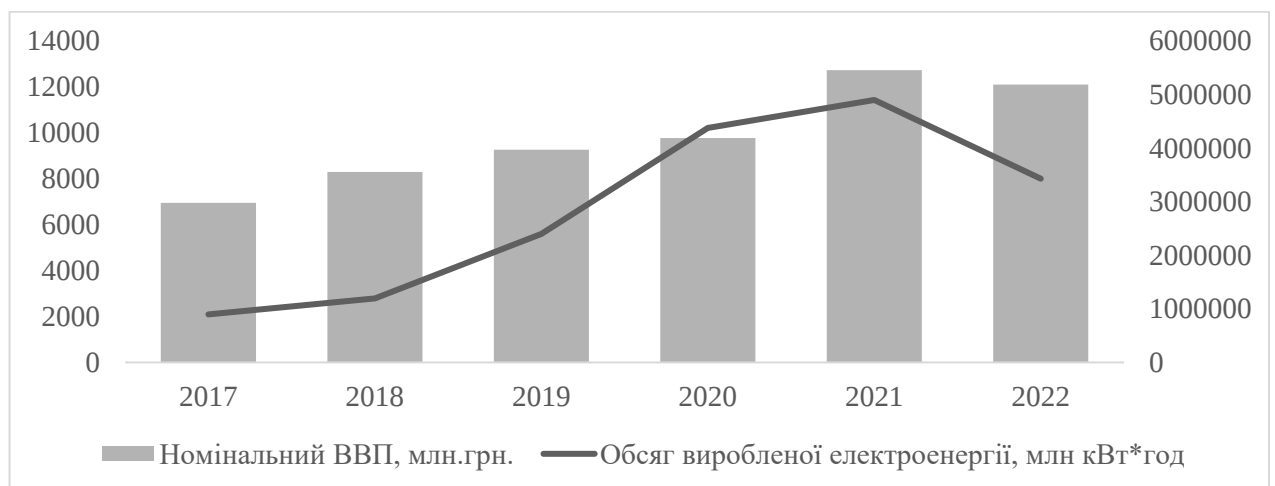


Рис. 5. Динаміка зміни обсягу виробництва е/е з ВДЕ, кВт*год та номінального ВВП, млн.грн., 2017-2022 р.р.

Джерело: сформовано на основі джерела [9,10]

Наступна характеристика складової перспектив розвитку галузі – забезпеченість розвитку галузі (табл. 3) (з урахуванням підходу [5]):

$$ratio_t^{12} = \frac{capacity_t}{investments_t}, \quad (2)$$

де: $ratio_t^{12}$ – показник забезпеченості розвитку галузі

$capacity_t$ – введена потужність ВДЕ, МВт

$investments_t$ – обсяг інвестицій у галузь альтернативної енергетики, млн євро

Таблиця 3. Результат розрахунку показника забезпеченість розвитку галузі, 2017-2022 рр.

	Введена потужність, кВт	Обсяг інвестицій, млн євро	Відношення
2017	291	288,90	1,01
2018	849	772,73	1,10
2019	4659	4039,46	1,15
2020	1574	1181,93	1,33
2021	1158	922,17	1,26
2022	528	526,14	1,00

Джерело: сформовано на основі джерела [9; 13]

Відношення у табл. 3 показало, що у 2017 році на кожний 1 млн. євро інвестицій в галузь альтернативної енергетики припадало 1,01 кВт введеної потужності, у 2018 – 1,10 кВт, у 2019 – 1,15 кВт, у 2020 – 1,33 кВт, у 2021 – 1,26 кВт, у 2022 – 1 кВт (рис. 6).

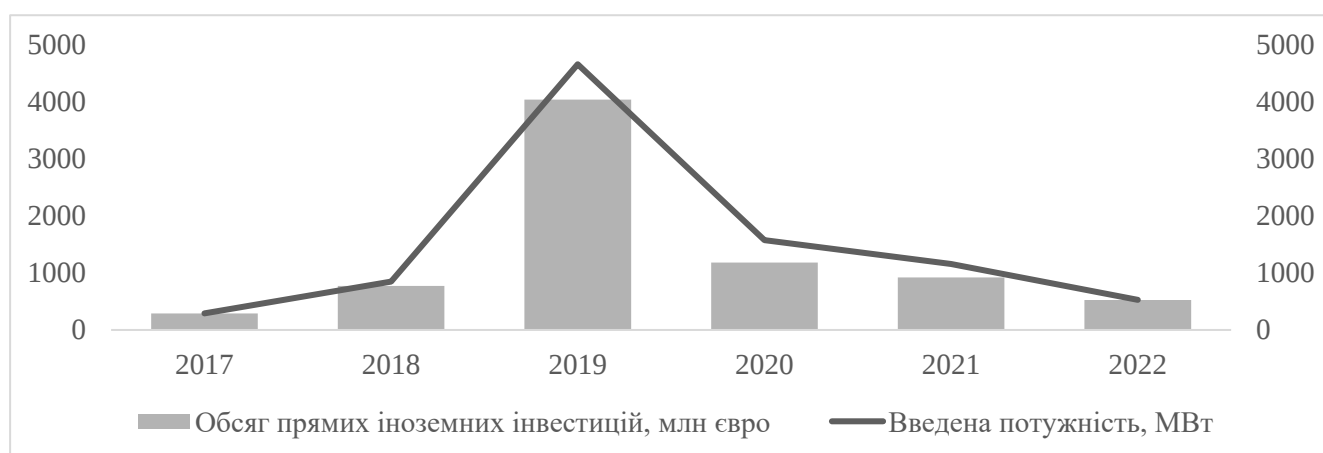


Рис. 6. Динаміка зміни введеної потужності ВДЕ, МВт та обсягу інвестицій у галузі, млн. євро., 2017-2022 рр.

Джерело: сформовано на основі джерела [8,13]

Для підрахунку першої складової оцінки інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики скористаємось формулою (з урахуванням підходу [5]):

$$ratio_t^1 = ratio_t^{11} + ratio_t^{12} \quad (3)$$

де: $ratio_t^1$ – перша складова оцінки інвестиційної привабливості галузі, перспектива розвитку галузі;

$ratio_t^{11}$ – показник значущості галузі для країни;

$ratio_t^{12}$ – показник забезпеченості розвитку галузі.

У табл. 4 представлено суму показників для підрахунку складової перспективи розвитку галузі.

Таблиця 4. Перша складова – перспектива розвитку галузі

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Перспектива розвитку галузі	1,0080	1,0995	1,1548	1,3342	1,2578	1,0051

Джерело: складено авторами

Розрахуємо показник рентабельність власного капіталу підприємств, представши середнє значення вибірових компаній галузі. Представимо результати оцінки показника рентабельності власного капіталу у табл. 5, за використання формули (з урахуванням підходу [5]):

$$ratio_t^2 = ror_t \quad (4)$$

де: $ratio_t^2$ – друга складова оцінки інвестиційної привабливості галузі, рентабельність діяльності підприємств галузі

ror_t – rate of return, рентабельність

Таблиця 5. Друга складова – середня рентабельність діяльності підприємств галузі

Показник	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Рентабельність власного капіталу	0,36	0,24	0,98	0,52	0,63	0,2

Джерело: сформовано авторами

Результати дослідження складової рентабельності діяльності підприємств у табл.5 показало, що у 2017 році середня рентабельність становила 36%, у 2018 – 24%, у 2019 – 98%, у 2020 – 0,52%, у 2021 – 63%, у 2022 – 20% (рис. 7).

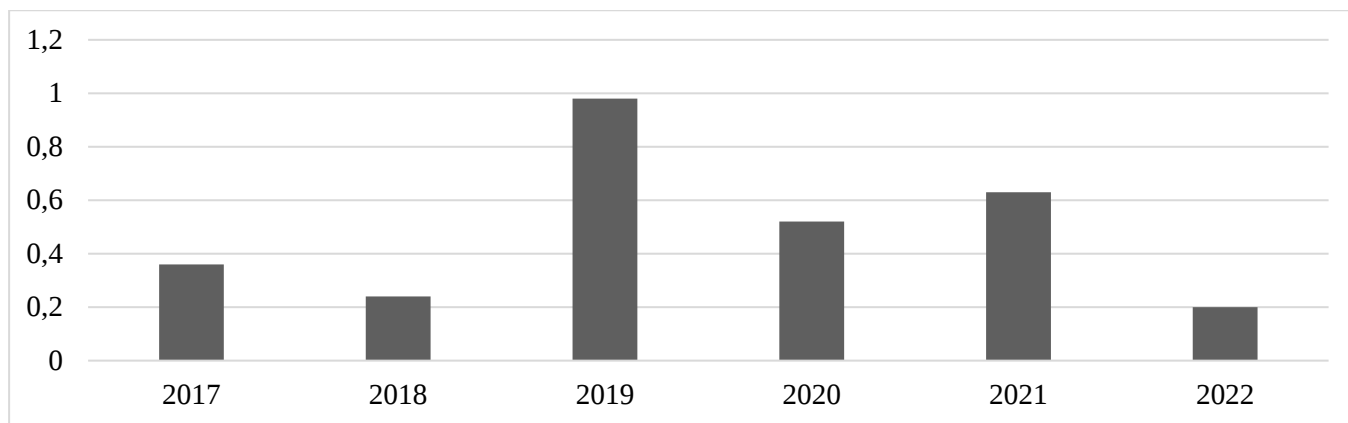


Рис.7. Динаміка зміни середньої рентабельності підприємств, 2017-2022 рр.

Джерело: сформовано авторами

Для оцінювання третьої складової (табл. 6) потрібно визначити рівень інфляційної стійкості цін на продукцію галузі, тобто порівняти ціни купівлі електроенергії та відношення ціни до індексу інфляції в Україні. Для аналізу ціни було обрано дані тарифу ринку «на добу наперед» [11], тоді (з урахуванням підходу [5]):

$$ratio_t^3 = \frac{cost_t}{inf_index_t}, \quad (5)$$

де: $ratio_t^3$ – третя складова оцінки інвестиційної привабливості галузі, інвестиційні ризики;

inf_index_t – індекс інфляції;

$cost_t$ – ціна за електроенергію, коп.

Таблиця 6. Третя складова – інвестиційні ризики

	Коефіцієнт індексації (індекс інфляції)	Ціна за електроенергію, коп.	Відношення
2017	1,137	987,06	0,88
2018	1,098	1188,37	0,91
2019	1,041	1464,79	0,96
2020	1,050	1293,72	0,95
2021	1,100	1802,18	0,91
2022	1,266	2671,04	0,79

Джерело: сформовано на основі джерела [11; 12]

Результати у табл. 6 вказують на відношення ціни купівлі електроенергії до рівня інфляції, у 2017 році – 0.88, у 2018 – 0.91, у 2019 – 0.96, у 2020 – 0.95, у 2021 – 0.91, у 2022 – 0.79 (рис. 8).

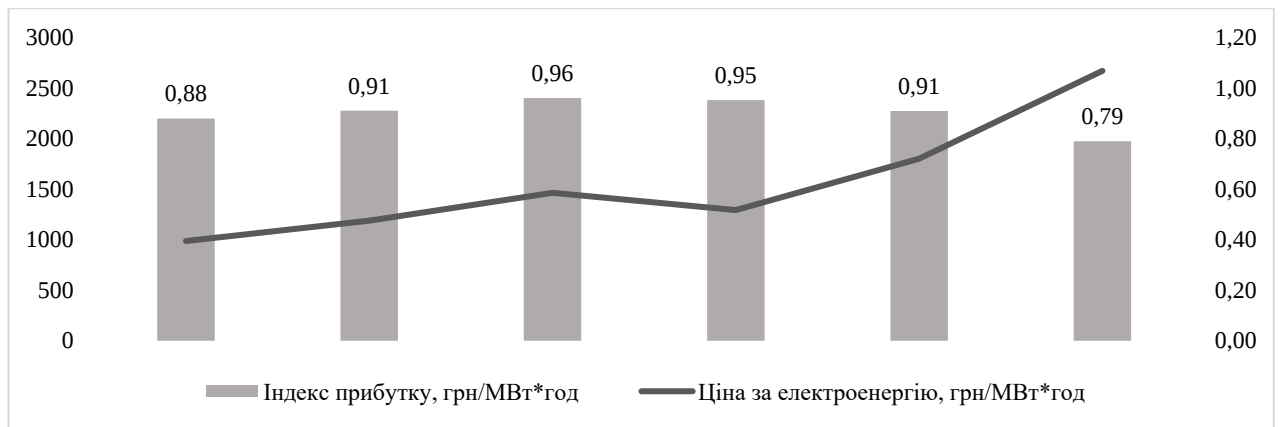


Рис. 8. Динаміка зміни індексу прибутку та ціни за електроенергію, 2017-2022 рр.

Джерело: сформовано на основі джерел [11; 12]

Маючи оцінку всіх складових для загальної оцінки, можемо представити інтегральну оцінку інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики, враховуючи ваги важливості (табл. 7). Ваги важливості визначені експериментальним шляхом експертом, для перспективи розвитку галузі – 50%; для рентабельності діяльності підприємств галузі – 30%; для інвестиційних ризиків – 20% (з урахуванням підходу [5]):

$$I_ratio_t = w_1ratio_t^1 + w_2ratio_t^2 + w_3ratio_t^3, \quad (6)$$

де: I_ratio_t – інтегральна оцінка інвестиційної привабливості галузі;

$ratio_t^1$ – перша складова, перспектива розвитку галузі;

$ratio_t^2$ – друга складова, рентабельність діяльності підприємств галузі

$ratio_t^3$ – третя складова, інвестиційні ризики;

w_i – ваги важливості впливу.

Таблиця 7. Інтегральна оцінка інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики

Показники	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Перспектива розвитку галузі	1,0080	1,0995	1,1548	1,3342	1,2578	1,0051
Рентабельність діяльності підприємств в галузі	0,36	0,24	0,98	0,52	0,63	0,2
Інвестиційні ризики	0,88	0,91	0,96	0,95	0,91	0,79
Інтегральна оцінка	0,79	0,80	1,06	1,01	1,00	0,72

Джерело: сформовано авторами

За результатами оцінки у табл. 7 та рис. 9 можемо бачити, що найбільш інвестиційно привабливим роком був 2019 з оцінкою 1,06.

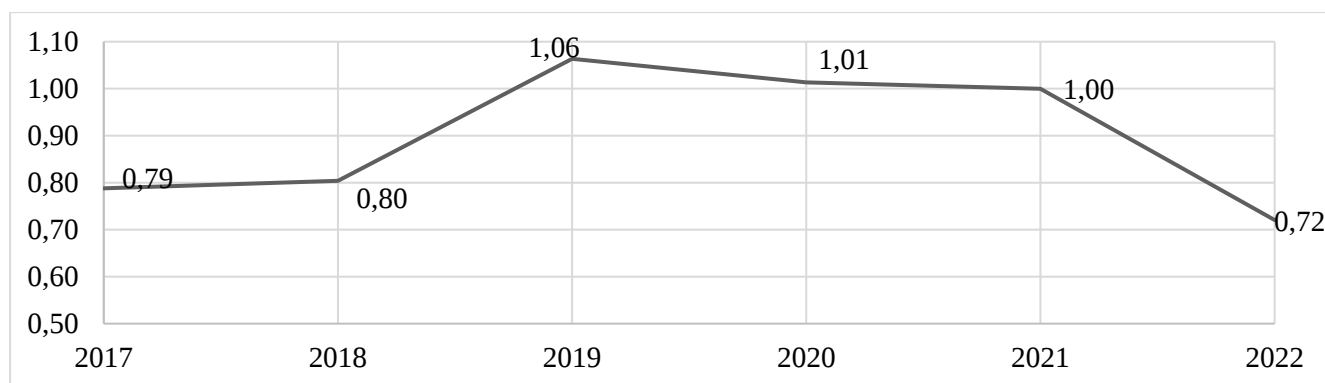


Рис. 9. Інтегральна оцінка галузі альтернативної енергетики

Джерело: сформовано авторами

На основі даного підходу представимо чотирьохфакторну економіко-математичну модель оцінки інвестиційної привабливості галузі з урахуванням воєнних ризиків. Для прикладу обрано такий варіант вкладення коштів інвестором як електростанції на біомасі.

$$\left\{ \begin{array}{l} I_ratio_t = w_0 \left(\frac{ratio_1(t)}{ratio_1(t-1)} \right)^{w_1} \left(\frac{ratio_2(t)}{ratio_2(t-1)} \right)^{w_2} \left(\frac{ratio_3(t)}{ratio_3(t-1)} \right)^{w_3} \left(\frac{ratio_4(t)}{ratio_4(t-1)} \right)^{w_4} \\ Production_t = a_0 + a_1 Demand_t + a_2 Cost_t + a_3 Ind_n_c_t Capacity_{t-1} + a_4 Production_{t-\tau} \\ Demand_t = (c_0 + c_1 Cost_t) Season_t \\ Cost_t = (b_0 + b_1 Infl_t) Season_t \\ Ind_c_t = d_0 + d_1 inv_t^2 + d_2 inv_t \end{array} \right. \quad (7)$$

де: $Production_t$ – обсяг виробництва е/е з ВДЕ, кВт*год;

$Demand_t$ – обсяг попиту е/е, кВт*год; $Cost_t$ – ціна купівлі е/е з ВДЕ, грн./кВт*год;

$Capacity_t$ – встановлена потужність станцій на ВДЕ, МВт;

$Ind_n_c_t$ – темп зростання нової встановленої потужності;

$Infl_t$ – індекс інфляції;

inv_t – інвестиції у галузь, млн. євро;

$Season_t$ – індекс сезонності;

$ratio_1(t)$ – показник значимості галузі для країни;

$ratio_2(t)$ – показник забезпеченості галузі для країни;

$ratio_3(t)$ – показник інфляційної стійкості галузі для країни;

$ratio_4(t)$ – показник воєнних ризиків галузі.

Визначимо взаємний коефіцієнт кореляції для визначення лагу за допомогою функції КОРРЕЛ() у програмному забезпеченні MS Excel.

Таблиця 8. Коефіцієнт кореляції

t-1	t-2	t-3	t-4	t-5	t-6	t-7	t-8	t-9	t-10
0,98	0,91	0,78	0,61	0,41	0,19	-0,03	-0,23	-0,40	-0,55

Джерело: сформовано авторами

Значення лагу на другому місяці досить вагоме, тому у авторегресійній моделі впливу факторів на виробництво електроенергії представлена лагова змінна з лагом в один місяць. Використаємо метод інструментальних змінних для розрахування лагової змінної. Для побудови регресії в програмному забезпеченні MS Excel використаємо надбудову «Регресія», тоді оцінка інструментальної змінної:

$$\widehat{Production}_{t-1} = 434,92 + 4,4Demand_{t-1} - 0,003Cost_{t-1} + 0,24Capacity_{t-1} \quad (8)$$

Побудова авторегресійної моделі здійснювалась на основі застосування інструментальної змінної замість лагової змінної. Отримуємо оцінку регресійної моделі:

$$\widehat{Production}_t = 0,88 + 0,063Capacity_t - 0,003Cost_{t-1} + 0,99Production_{t-1} \quad (9)$$

Значення критерія Дарбіна-Уотсона = 0,43, нижня межа критерію – 0,971, а верхня – 1,31. Оскільки значення нижче нижньої межі критерію, то залишки містять додатну автокореляцію. Для того, щоб позбавитись від автокореляції, використовуємо метод Ейткена. Значення коефіцієнта кореляції $r \approx \rho \approx 0,43$.

Оцінивши модель за формулою $\hat{A} = (X'S^{-1}X)^{-1}X'S^{-1}Y$, отримуємо наступну результати:

$$\widehat{Production}_t = -0,12 - 0,036Demand_t + 0,001Cost_t - 0,032Capacity_t + 1,07Production_{t-1} \quad (10)$$

Побудована модель свідчить, що при збільшенні попиту на 1 МВт*год виробництво з біомаси зменшується на 0,036 МВт*год; при збільшенні ціни купівлі е/е на 1 грн/МВт*год виробництво з біомаси збільшується на 0,001

МВт*год; при збільшенні потужності на 1 МВт виробництво з біомаси зменшується на 0,032 МВт*год; при збільшенні виробництва на 1 МВт*год у минулому місяці виробництво з біомаси збільшується на 1,07 МВт*год.

Модель ціни на купівлю електроенергії, вироблену з електростанцій на біомасі, з урахуванням сезонності та інфляції змодельована за допомогою лінійної регресії. Залежність набуває вигляду:

$$Cost_t = (-1858,99 + 1993,4Infl_t)Season_t \quad (11)$$

Для того, щоб визначити, яка модель краще апроксимує вплив фактору ціни купівлі та сезонності на попит електроенергії з електростанцій на біомасі, було проведено експеримент з використанням двох функцій залежності – лінійної та експоненціальної. Визначено, що попит на електроенергії з станцій на біомасі краще описує лінійна функція зі значенням F-критерієм Фішера = 2,08 (>0,05):

$$Demand_t = (2896,8 - 0,23Cost_t) Season_t \quad (12)$$

Проаналізуємо вплив інвестиційних надходжень на появу нової потужності. Графічно вияснили, що застосувавши поліноміальну залежність для опису лінії тренду, отримуємо найбільшу точність моделі. Залежність впливу інвестиційних надходжень на появу нової потужності станцій на біомасі описується поліноміальною залежністю:

$$Ind_c_t = -0,3626 + 1,516 inv_t^2 - 0,3688 inv_t \quad (13)$$

Представимо два сценарії розвитку галузі альтернативної енергетики в Україні – песимістичний та оптимістичний. Перший, песимістичний сценарій передбачає збільшення індексу інфляції, зменшення ВВП, зменшення інвестиційних надходжень в галузь. Другий, оптимістичний сценарій, передбачає зворотній розвиток – зменшення інфляції, збільшенні ВВП, збільшення інвестиційних надходжень в галузь.

З рис. 10 можна побачити, що за оптимістичного сценарію, оцінка інвестиційної привабливості станцій на біомасі вища, має виражену тенденцію до зростання. За песимістичного сценарію, інвестиційна привабливість нижча і має тенденцію до зменшення.

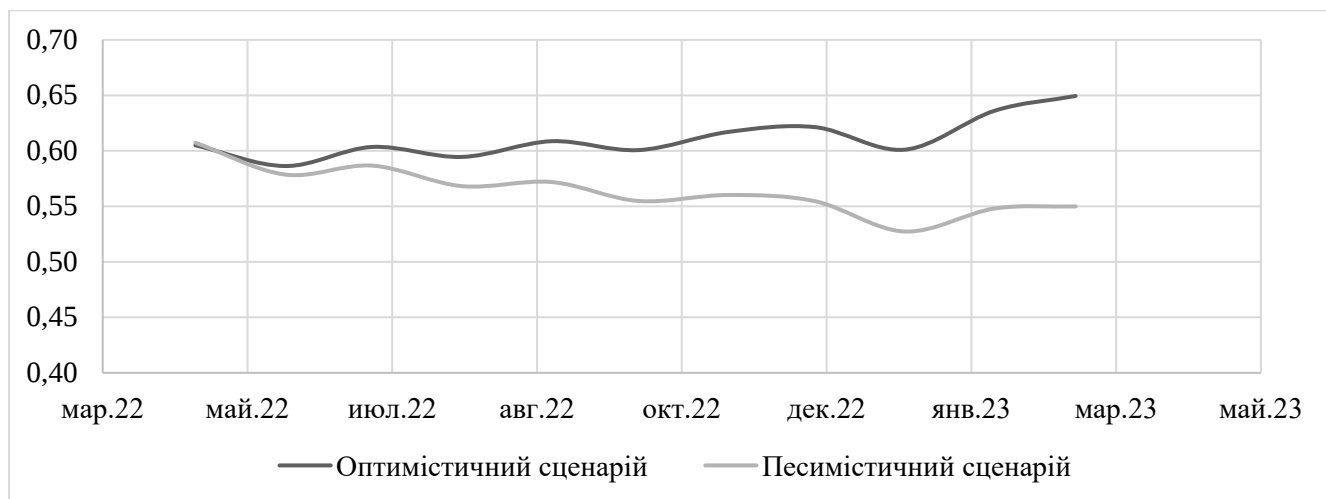


Рис. 10. Інтегральна оцінка інвестиційної привабливості станцій на біомасі

Джерело: сформовано авторами

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Дослідження інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики, зокрема електростанцій на біопаливі, є важливим для її розвитку, оскільки, галузь стрімко розвивалась за останнє п'ятиріччя, тому має великий потенціал навіть у воєнний період. До того ж Україна має ресурси, які б забезпечили виробництво електро- та теплової енергії з біопалива та біомас.

Економіко-математичне моделювання оцінки інвестиційної привабливості галузі альтернативної енергетики, зокрема станцій на біомасі, яке була здійснене на основі підходу І.О. Бланка [5] в умовах воєнного стану та аналіз її результатів засвідчив належний рівень привабливості. Враховуючи результати моделювання, можна зробити висновок про те, що загальна тенденція інвестиційної привабливості альтернативної енергетики зменшилась через появу беззаперечних воєнних ризиків. Задля урахування умов невизначеності, було розглянуто два сценарії – оптимістичний та песимістичний. Слід відмітити, що в умовах воєнної агресії, порівняння прогностичних та реальних даних вказує на динаміку песимістичного сценарію. Таким чином, існує потреба подальшої розбудови моделі з урахуванням стратегій, які будуть спрямовані на мінімізацію впливу ризикованих факторів та збереження стійкості в умовах воєнного стану.

Література

1. Підлісна О.А., Чепіжко Л.М. Аналіз інвестиційної привабливості альтернативної енергетики України. Економічний вісник НТУУ «КПІ»: збірник наукових праць. 2023. № 26. С. 51-58. URL: <https://doi.org/10.32782/2307-5651.26.2023.8>.
2. Трохименко О.О. Development of a mechanism for implementation of a national innovative policy in the energy sector based on Industry 4.0. Technology Audit and Production Reserves. 2021. №4(60). С. 34–40. URL: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.238959>.
3. Чала Т. Г., Прядко Ю. В., Славута О. І. Статистичне моделювання розвитку енергетичного ринку в регіонах України. Бізнес Інформ. 2021. №1. С. 151–157. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-1-151-157>.
4. Вострякова В. І. Оцінка потенціалу відновлювальної енергетики як драйвера економічного зростання. Бізнес Інформ. 2021. №7. С. 146–152. URL: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-7-146-152>
5. Бланк І.О. Інвестиційний менеджмент. 2001. 448 с
6. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». 2017. Верховна рада України. Законодавство України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (дата звернення: 11.09.2023)
7. Міністерство енергетики України: Енергетична стратегія. 2023. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
8. Встановлена потужність енергосистеми України. Укренерго: вебсайт. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/> (дата звернення: 12.10.2023)
9. Динаміка і структура виробництва електроенергії в Україні. Vse.energy: вебсайт. URL: <https://vse.energy/spec-projects/infographpek/1615-electricity> (дата звернення: 15.10.2023).

10. Валовий внутрішній продукт (ВВП) в Україні 2022. Мінфін: вебсайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/> (дата звернення: 10.10.2023).
11. Аналіз РДН та ВДР. Оператор ринку: вебсайт. URL: https://www.oree.com.ua/index.php/graphs_trading_t4/index_for_tab4 (дата звернення: 08.09.2023).
12. Індекс інфляції в Україні 2022. Мінфін: вебсайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (дата звернення: 23.09.2023).
13. Інвестиції у потужності "зеленої" генерації. Energy Map: вебсайт. URL: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/02f06812-5ab4-49e0-8fa7-e70337f81988/> (дата звернення: 20.10.2023).

References

1. Pidlisna, O.A. and Chepizhko, L.M. (2023), "Analysis of the investment attractiveness of alternative energy in Ukraine", *Economic bulletin of National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»*, vol. 26, pp. 51-58. <https://doi.org/10.32782/2307-5651.26.2023.8>.
2. Trofymenko, O. (2021), "Development of a mechanism for implementation of a national innovative policy in the energy sector based on Industry 4.0", *Technology Audit and Production Reserves*, vol. 4(60), pp. 34–40. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.238959>.
3. Chala, T. G., Priadko, Y. V., and Slavuta, O. I. (2021), "Statistical Modeling of the Energy Market Development in the Regions of Ukraine", *Business Inform*, vol. 1, pp. 151–157. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-1-151-157>.
4. Vostriakova, V, (2021), "Assessing the Potential of Renewable Energy Production as a Driver of Economic Growth", *Business Inform*, vol. 7, pp. 146–152. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-7-146-152>
5. Blank, I.O. (2001), *Investytsijnyj menedzhment* [Investment management] , Kyiv, Ukraine.
6. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017), "Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035 «Security, Energy efficiency, Competitiveness»", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/file/text/58/f469391n10.pdf> (accessed: 11.09.2023).

7. Ministry of Energy of Ukraine (2023 (2023), “Energy Strategy”, available at: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya>
8. Ukrenergo (2023), “Installed capacity of the power system of Ukraine”, available at: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/> (accessed: 15.10.2023).
9. Vse.energy (2023), “Dynamics and structure of electricity generation in Ukraine”, available at: <https://vse.energy/spec-projects/infographpek/1615-electricity> (accessed: 22.07.2022).
10. Minfin (2023), “Gross domestic product (GDP) in Ukraine 2022”, available at: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/> (accessed: 10.10.2023).
11. Market operator (2023), “DAM/IDM ANALYSIS”, available at: https://www.oree.com.ua/index.php/graphs_trading_t4/index_for_tab4 (accessed: 08.09.2023).
12. Minfin (2023), “Inflation index in Ukraine 2022”, available at: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (accessed: 23.09.2023)
13. Energy Map (2023), “Investments in "green" generation capacity”, available at: <https://map.ua-energy.org/uk/resources/02f06812-5ab4-49e0-8fa7-e70337f81988/> (accessed: 20.10.2023).

Стаття надійшла до редакції 15.11.2023 р.