МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПАВЛИК АНАТОЛІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 502:504.062.2:620.92(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Спеціальність: 08.00.06 – Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища

Подається на здобуття наукового ступеня
кандидата економічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело А. В. Павлик

Науковий керівник:
Жулавський Аркадій Юрійович
кандидат економічних наук, професор

Суми – 2019

АНОТАЦІЯ

Павлик А. В. Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії. Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 08.00.06 ««Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» (галузь знань – «Економічні науки»). – Сумський державний університет , Суми, 2019.

У дисертаційному дослідженні вдосконалено науково-методичне забезпечення оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії.

У першому розділі досліджено проблеми та перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії, уточнено та поглиблено сутність поняття «Еколого-економічна збиткоємність відновлювальних джерел енергії», та набув подальшого розвитку науково-методичний підхід до виявлення причинно-наслідкових зв'язків між екодеструктивним впливом на навколишнє середовище та енергетичною, екологічною й економічною безпекою на національному і виробничому рівнях, який на відміну від існуючих базується на використанні CLD-аналізу (Causal Loop Diagram Analysis) за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту.

За результатами дослідження доведено, що використання відновлювальних джерел енергії зменшує обсяги споживання вичерпних енергетичних ресурсів на стадії їх експлуатації та збільшує диверсифікацію джерел енергії. З іншого боку, збільшення обсягів виробленої енергії за рахунок відновлювальних джерел призводить до підвищення собівартості виробництва енергетичного продукту.

Другий розділ присвячений теоретико-методичним положенням щодо оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії. В ньому вдосконалено існуючі наукові засади оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження відновлювальних джерел енергії, які на відміну від існуючих поряд із позитивними враховують і негативні еколого-

економічні наслідки використання відновлювальних джерел енергії за стадіями та фазами життєвого циклу енергетичного продукту, такі як: втрата вартості земельної ділянки від використання сонячних панелей, зменшення продуктивності праці від підвищення електромагнітного та шумового забруднення внаслідок використання вітрових електростанцій, збільшення економічних збитків від потрапляння змащувальних шкідливих речовин до водного басейну. Проведені дослідження показали, що для всіх відновлювальних джерел енергії на певних фазах життєвого циклу можна виділити схожий екодеструктивний вплив, водночас з цим вони мають різний обсяг екодеструктивного впливу на навколишнє середовище за видами. Також слід враховувати, те що відновлювальні джерела енергії мають принципові відмінності які залежать від виду відновлювального джерела енергії.

У роботі розроблено методичний інструментарій визначення обсягів еколого-економічних збитків у наслідок використання відновлювальних джерел енергії, що базується на врахуванні екологічно обумовленої захворюваності населення різними нозологічними групами та втрат робочого часу з розрахунку на одну тисячу тони зведених викидів шкідливих речовин. Основою еколого-економічних збитків від відновлювальних джерел енергії є втрати знову доданої вартості впродовж робочого дня як річний обсяг ВВП поділеного на кількість працездатного населення території. Оцінювання еколого-економічного збитку від використання відновлювальних джерел енергії розраховується як сума збитків на кожній стадії життєвого циклу енергетичного продукту. Під час розрахунку збитку від відновлювальних джерел енергії враховують розмір відверненого еколого-економічного збитку з від’ємним значенням. Відвернений збиток залежить від структури енерговиробництва та еколого-економічної вартості одиниці енергії.

У роботі вперше розроблено методичний підхід до наукового обґрунтування оптимальної структури забезпечення електричною енергією національної економіки на основі поєднання традиційних і відновлювальних джерел енергії з урахуванням еколого-економічних обмежень щодо вартості купівлі та продажу електричної енергії, а також максимального й мінімального обсягів виробництва енергії за джерелами, що

дозволяє сформувати стратегічні напрями забезпечення еколого-економічної безпеки енергетичного виробництва.

У третьому розділі було доведено, що на національному рівні необхідним є вдосконалення організаційно-економічного механізму використання ВДЕ у структурі енергозабезпечення країни з урахуванням екологічного фактора для підвищення ефективності функціонування відновлювальних джерел енергії та забезпечення екологічної безпеки країни. Організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання відновлювальних джерел енергії повинен ураховувати рух потреб у впровадженні відновлювальних джерел енергії, а також рух коштів, які держава витрачає на досягнення результативності виробництва електроенергії з відновлювальних джерел з урахуванням показників еколого-економічної збиткоємності. Враховуючи це, було вдосконалено науково-методичний підхід до формування організаційно-економічного механізму впровадження економічно доцільних та екологічно безпечних відновлювальних джерел енергії, який на відміну від існуючих включає: систему солідарної співпраці стейкхолдерів, зацікавлених у прозорому ринку енергоресурсів, систему управління функціонуванням відновлювальних джерел енергії, показники еколого-економічної збиткоємності процесів генерації електричної енергії, фінансове забезпечення розвитку відновлювальних джерел енергії за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту, інструментарій стимулювання впровадження відновлювальних джерел енергії на національному та виробничому рівнях. Підґрунтям до функціонування цього механізму є використання економічних форм, методів, інструментів, що забезпечують нормативно-правове та фінансове регулювання всієї системи розвитку відновлювальних джерел.

Для забезпечення екологічної безпеки та урахування економічного інтересу стейкхолдерів до виробництва електроенергії за допомогою відновлювальних джерел енергії в загальній системі енергозабезпечення було розвинуто методичний підхід до науково обґрунтованого розподілу фінансових ресурсів на впровадження відновлювальних джерел (ВЕС, СЕС, МГЕС і т. ін.), що на відміну від існуючих базується на принципах рекурентного співвідношення Беллмана, враховує техніко-

технологічні прогнози зміни генерації енергії, її збиткоємність та співвідношення традиційних і відновлювальних джерел енергії. Завдяки запропонованому підходу було доведено, що формування стратегій розвитку відновлювальних джерел енергії повинно базуватися на оптимальній комбінації максимальних значень нарощення обсягів генерації енергії з відновлювальних джерел з урахуванням їх еколого-економічного збитку. Запропонований науково-методичний підхід базується на розрахунку фінансових потоків з урахуванням їх дисконтування. Водночас ураховується еколого-економічний збиток від виробництва енергії за рахунок певного виду відновлювальних джерел енергії. Наведений підхід дозволяє визначити «якість» змін, що відбуваються в процесі виробництва енергії з використанням відновлювальних джерел енергії, оскільки зведена вартість виробництва енергії на основі інновацій має тенденцію до зниження. Величина еколого-економічного збитку також буде зменшуватись. Це свідчить про еколого-економічну ефективність генерації одиниці енергії за рахунок відновлювальних джерел.

У роботі визначені прогнозні показники нарощення обсягів генерації енергії з відновлювальних джерел енергії з урахуванням еколого-економічного збитку на період до 2050 року за двома сценаріями. Запропонований науково-методичний підхід може бути реалізований на основі міжсекторальних взаємозв’язків у системі енерговиробництва, що передбачає узгоджену взаємодію органів влади, підприємств енергетичної галузі, місцевої громади, а також реалізацію державних стимулюючих заходів щодо впровадження відновлювальних джерел енергії.

Застосування методики оцінювання еколого-економічної ефективності дозволяє приймати економічно обґрунтовані й екологічно виважені управлінські рішення щодо енергозабезпечення національної економіки з урахуванням інтересів майбутніх поколінь.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, життєвий цикл енергетичного продукту, ефективне використання джерел енергії, еколого-економічний збиток, еколого-економічне оцінювання джерел енергії, CLD-аналіз,

збиткоємність джерел енергії, організаційно-економічний механізм впровадження відновлювальних джерел енергії.

ABSTRACT

Pavlyk A. V. Ecological and Economic Assessment of Efficiency of Renewable Energy Use. Qualifying scientific work. – Manuscript.

Dissertation for obtaining the degree of candidate of economic sciences (PhD) in the specialty 08.00.06 – economics of nature using and environment protection (branch of knowledge – "Economic Sciences"). – Sumy State University, Sumy, 2019.

The dissertation is devoted to development of a theoretical basis for, scientific and methodological approaches to ecological and economic assessment of efficiency of renewable energy use.

The first chapter explores the problems of and prospects for the development of renewable energy sources; provides more clarified and deepened definition of the concept of "Ecological and economic loss of renewable energy sources"; develops a scientific and methodological approach to identifying the cause and effect relationships between destructive impact on environment and energy, ecological and economic security at national and industrial levels, which is based on the use of Causal Loop Diagram Analysis within lifecycle stages of an energy product.

According to official statistics, 49 % of the world's greenhouse gas emissions come from the energy sector. Ukrainian energy sector produces 50 % of all greenhouse gas emissions within the country, which makes environmental deprivation one of the most important and urgent issues to be addressed.

Casual Loop Diagram (CLD) analysis was used to find a relationship between renewable energy use and environmental, economic, and energy security of a country, in particular during the life cycle of renewable energy sources (RES). The findings of the analysis showed that use of RES reduces consumption of exhaustible energy sources at the stage of their exploitation and increases diversification of energy sources. An increase of energy production from RES in its turn leads to an increase in price of an energy product.

The second chapter is devoted to theoretical and methodological aspects of assessment of ecological and economic efficiency of renewable energy use; a scientific and methodological approach to the assessment of the ecological and economic efficiency of the use of renewable energy sources, which is based on the optimal structure of electricity supply to the national economy.

An increase of energy production from RES leads to a reduction in greenhouse gas emissions per unit of GDP. However, the use of RES itself causes environmental destruction, which is usually omitted, but can be identified through analysis of the life cycle of RES.

The author proposed a method of ecological and economical assessment of efficiency of renewable energy use, which takes into account positive as well as negative effects of the use of different types of RES during all stages of their life cycle. Among negative effects the following ecological and economic consequences of the use of renewable energy sources were considered: a loss of land value due to solar panels use; a decrease in labor productivity as a result from the increase of electromagnetic and noise pollution produced by wind power plants; an increase in economic losses due to discharges of greasing substances into the water basin.

Studies have shown that for all kinds of renewable energy sources, similar eco-destructive effects can be identified at certain stages of the life cycle, but at the same time, renewable energy sources have fundamental differences that depend on the type of renewable energy source.

The author developed a methodological toolkit for calculating ecological and economic losses due to the use of renewable energy sources, which takes into account the ecologically conditioned morbidity of population (different nosologic groups) and working time losses per one thousand tons of the aggregate harmful emissions. The basis for ecological and economic losses from renewable energy sources is the loss of newly added value during the working day. Proposed methodology suggests calculating environmental damage from the use of RES as the sum of costs of damages at every stage of the life cycle of an energy product – development, exploitation and utilization. This method allows making informed management decisions for the development and use of

RES. Calculations include negative amount of prevented damage, which depends on the structure of energy production and ecological and economic value of the unit of energy.

As well as that the author developed a methodological approach to defining the optimal structure of electricity supply to the national economy, which is based on the combination of conventional and renewable energy sources, taking into account the environmental and economic constraints on the electricity cost, and the maximum and minimum volume of energy production by different sources that allows to form strategic directions of ensuring ecological and economic security of energy production. The aim of the calculations was to build an optimal model for an energy sector development of a country, based on economic and environmental indicators. The results of applying the optimal model can be used for strategic planning at country level, in particular in managerial decision-making and law making.

In the third chapter it was proved that it is necessary to improve the organizational and economic mechanism of the use of RES in the energy supply structure at the national level, taking into account the environmental factor in order to increase the efficiency of of renewable energy use and ensure the environmental security of a country. The organizational and economic mechanism for improving the efficiency of renewable energy use must include movement of needs for renewable energy sources introduction as well as movement of funds spent by the state to achieve electricity production efficiency from renewable energy sources.

Development of RES requires considerable financial resources, which are always limited. Therefore, the question of the efficient allocation of available financial resources arises and needs to be addressed. To solve this problem, the author proposed an approach to the formation of organizational and economic mechanism of implementation of economically viable and environmentally safe RES. This approach includes a system of solidarity between stakeholders, interested in a transparent energy market; a management system of RES performance; indicators of an ecological and economic loss from electricity generation processes; financial support for the development of RES at every stage of the life cycle of an energy product. Formation of renewable energy development strategies should be based on the optimal combination of maximum values for increasing

energy production from renewable energy sources, taking into account their environmental and economic losses.

The author provided scientific justification for financial resources allocation, which is based on the Bellman's principles of recurrence, technical and technological forecast for RES. Bellman's recurrence principal allowed to find the optimal allocation of state funds for the transition to RES under conservative and revolutionary scenarios. This approach can be implemented on the basis of cross-sectoral interrelations within energy production system, which implies well-coordinated interaction of authorities, energy companies, and local communities, as well as providing of state incentives for RES implementation.

Practical recommendations and methodological justification for ecological and economic assessment of renewable energy use, offered in the dissertation, allow to determine the priority goals for energy sector development at national and industrial levels, as well as to implement programs of environmental protection.

Key words: renewable energy sources, life cycle of an energy product, efficient use of energy sources, environmental and economic loss, ecological and economic assessment of energy sources, CLD analysis, damage assessment of energy sources, organizational and economic mechanism of RES implementation

Список публікацій здобувача

Підрозділи монографій

1. Павлик А. В. Відновлювальні джерела енергії як складова економічної безпеки. *Управління інноваційною складовою економічної безпеки : у 4 т.* / за ред. О. В. Прокопенко, В. Ю. Школи, В. О. Щербаченко. Суми. ТОВ «Триторія», 2017. Т. IV. С. 256–267 (24,96 друк. арк.). (*Особистий внесок: досліджений вплив відновлювальних джерел енергії на економічну безпеку країни (0,34 друк. арк).*

2. Павлик А. В. Еколого-економічна складова в оцінці енергетичного сектору України. *Сталий розвиток – XXI століття: управління, технології, моделі. Дискусії – 2018*. за ред. Є. В. Хлобистов та ін. Київ. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. 2018. С. 276–279 (27,83 друк. арк.). (*Особистий внесок: запропоноване економічне оцінювання екологічних наслідків використання ВДЕ (0,11 друк. арк).*

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Павлик А. В. Стан розвитку альтернативних джерел енергії та актуальність їх використання в Україні. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»* (Google Scholar та ін.). 2014. № 4. С. 14–20 (0,45 друк. арк.).

4. Павлик А. В., Глівенко С. В. Збільшення енергобезпеки країни за рахунок відновлювальних джерел енергії: напрямки реалізації. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»* (Google Scholar та ін.). 2016. № 4. С. 7–13 (0,36 друк. арк.). *(Особистий внесок: досліджений взаємозв'язок ВДЕ та енергобезпеки країни (0,25 друк. арк.).*

5. Павлик А. В. Енергозбереження як елемент енергонезалежної стратегії. *Економічний вісник Національного гірничого університету* (Index Copernicus та ін.). 2016. Т. 56, № 4. С. 88–96 (0,63 друк. арк.).

6. Павлик А. В. Оцінка енергоефективності як основа побудови енергонезалежної стратегії. *Економіка і суспільство* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 9. С. 859–863 (0,5 друк. арк.).

7. Павлик А. В., Тарабан Н. В. Міжнародний досвід впровадження відновлювальних джерел енергії та її потенціал для вітчизняного енергетичного ринку. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія «Економіка і менеджмент»* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 26, ч. 2 С. 45–49 (0,54 друк. арк.). *(Особистий внесок: проаналізований міжнародний досвід упровадження ВДЕ й запропонована сегментація України за рівнем потенціалу ВДЕ (0,43 друк. арк.).*

8. Павлик А. В. Еколого-економічні наслідки використання відновлювальних джерел енергії. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 2 (50). С. 96–100 (0,53 друк. арк.).

9. Pavlyk A., Pimonenko T., Liulov O., Chyhryn O. Ukrainian Energy Sector: Ecological and Economic Features. *Економіка і регіон* (Ulrichsweb та ін.). 2018. № 2 (69). С. 28–33 (0,46 друк. арк.). *(Особистий внесок: досліджені економічний вплив енергетичного сектору економіки України та його екологічні наслідки (0,37 друк. арк.).*

10. Pavlyk A., Zhulavskyi A., Shkodina Y., Perekhod E., Gorobchenko T. Features of the life cycle structuring of renewable energy source facilities. *Механізм регулювання економіки* (Index Copernicus та ін.). 2019. № 2. С. 116–127 (0,5 друк. арк.). *(Особистий внесок: запропонований підхід до еколого-економічного оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії із застосуванням життєвого циклу енергетичного продукту за стадіями та фазами(0,15 друк. арк.).*

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав

11. Pavlyk A., Bilan Y., Streimikiene D., Vasylieva T., Lyulyov O., Pimonenko T. Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership. *Sustainability* (Scopus, Web of Scince та ін.). 2019. Vol. 11; № 6. P. 15–28 (1,06 друк. арк.). *(Особистий внесок: проведений аналіз наукових досліджень, пов'язаних із*

темою статті, запропонований спосіб оцінювання взаємозв'язків між відновлювальними джерелами енергії та обсягами викидів CO_2 (0,2 друк. арк.).

Матеріали наукових конференцій

12. Павлик А. В. Використання «зеленого тарифу» як інструменту стимулювання інвестиційної привабливості галузі. *Економічні проблеми сталого розвитку :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ, 2015. С. 90–91 (0,12 друк. арк.).

13. Павлик А. В. Тендеції та проблематика розвитку альтернативних джерел енергії в XXI столітті. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль : ТНЕУ, 2016. С. 193–194 (0,09 друк. арк.).

14. Павлик А. В. Використання альтернативних джерел енергії у виробничому секторі. *Економічні проблеми сталого розвитку :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ, 2016. С. 116–118 (0,11 друк. арк.).

15. Pavlyk A. Re-thinking porter`S Five Forces Model For Energy Market in Ukraine. *STABICONsystems – 2017 :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ,, 29 квітня 2017 р., м. Суми, СумДУ. Суми, 2017. С. 102–104 (0,1 друк. арк.).

16. Pavlyk A., Kovalov B., Fedyna S. Biosocial Economy As A Mechanism For The Sustainable Development Implementation. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль : ТНЕУ, 2017 р. С. 140–142 (0,29 друк. арк.). (*Особистий внесок: проаналізовані актуальні публікації закордонних і вітчизняних авторів, досліджений взаємозв'язок механізмів сталого розвитку з відновлювальними джерелами енергії (0,1 друк. арк.)*.

17. Павлик А. В., Федина С. М. Еколого-економічні фактори впровадження відновлювальних джерел енергії в регіонах. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль :

ТНЕУ, 2018 р. С. 49–51 (0,11 друк. арк.). (*Особистий внесок: досліджені основні фактори, що впливають на обсяги впровадження відновлювальних джерел енергії (0,07 друк. арк.)*.

18. Павлик А. В. Відновлювальні джерела енергії: групування країн. *STABICONsystems – 2018* : матеріали Міжнар. наук. Фо-руму. Суми: СумДУ, 2018. С. 89–90 (0,07 друк. арк.).

19. Павлик А. В., Люльов О. В. Відновлювальні джерела енергії. Міжнародний досвід еколого-орієнтовних досліджень. *Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Херсон, 2018. С. 233–236 (0,15 друк. арк.). (*Особистий внесок: проаналізовані й систематизовані наукові публікації наслідків використання відновлювальних джерел енергії (0,11 друк. арк.)*.

20. Pavlyk A., Lyulyov O., Shkodkina Y. Relationships Changes in Renewable Energy and Macroeconomic Stability: Comparison between Developed and Less-Developed Countries. *New Trends and Best Practices in Socioeconomic*, The International Science Conference. Podgorica, Montenegro, 2018. P. 28–29. (*Особистий внесок: проведений аналіз і систематизація наукових публікацій зарубіжних дослідників, зібрані й оброблені статистичні дані*).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 15

ВСТУП 16

РОЗДІЛ 1. РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ 23

1.1.Відновлювальні джерела енергії в енергетичному секторі економіки 23

1.2.Економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії в порівнянні з іншими джерелами енергії 43

1.3.Вплив відновлювальних джерел енергії на рівень екологічної безпеки країни 57

Розділ 2. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ 76

2.1. Аналіз теоретичних та методологічних підходів до економічного оцінювання екологічних наслідків використання відновлювальних джерел енергії 76

2.2. Теоретичні та методичні засади еколого-економічного оцінювання впливу відновлювальних джерел енергії на рівень екологічної безпеки країни..... 85

2.3. Оптимізація структури енергетичного забезпечення національної економіки з урахуванням екологічного фактору 96

Розділ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СТРУКТУРІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КРАЇНИ 117

3.1. Структуроутворюючі фактори формування механізму забезпечення ефективності використання відновлювальних джерел енергії..... 117

3.2. Економічний інструментарій забезпечення екологічної безпеки при впровадженні відтворювальних джерел енергії..... 146

3.3 Механізм фінансового забезпечення розвитку відновлювальних джерел енергії з урахуванням інтересів екологічної безпеки держави 154

ВИСНОВКИ 176

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 178

ДОДАТКИ 199

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;

ВЕ – відновлювальна енергетика;

ВЕС – вітрова електростанція;

ГЕС – гідроелектростанція;

ЖЦ – життєвий цикл;

ЗТ – зелений тариф;

МГЕС – міні-гідроелектростанція;

НС – навколишнє середовище;

СЕС – сонячна електростанція;

ТЕС – теплова електростанція;

ТЕЦ – теплоелектроцентраль.

ВСТУП

Актуальність теми. Останніми роками у світі відбуваються значні зрушення в розвитку та впровадженні відновлювальних джерел енергії, що сприяє збільшенню коефіцієнта корисної дії та зменшенню собівартості отриманої енергії. Незважаючи на стрімкий розвиток відновлювальних джерел енергії у світі, вітчизняний енергетичний сектор економіки має фактичний показник виробництва енергії за рахунок відновлювальних джерел енергії менше ніж 5 %. В умовах постійного зростання кількості сонячних та вітрових електростанцій постає актуальне питання економічного оцінювання позитивних і негативних наслідків використання відновлювальних джерел енергії. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю розроблення науково-методичного інструментарію впровадження екологічно безпечних та економічно доцільних джерел енергії, якими є відновлювальні джерела енергії. У той самий час їх упровадження на національному та регіональному рівнях потребує екологічного й економічного обґрунтування. Як показали дослідження, це завдання недостатньо вирішене в теоретичному та методичному аспектах.

Дослідженню теоретико-методичних та практичних аспектів оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії присвячені праці багатьох вітчизняних і зарубіжних науковців, зокрема, таких як О. Ф. Балацький, В. В. Биба, О. В. Чмирь, С. В. Войтко, В. М. Геєць, Я. П. Дідух, Д. Додмен, А. Еванс, Т. О. Курбатова, Л. Ю. Матвійчук, Л. Г. Мельник, О. Г. Ободовський, О. В. Прокопенко, Л. С. Рибченко, А. О. Рожко, Д. Л. Савін, Т. В. Сердюк, О. В. Сінгуцький, О. М. Суходоля, І. М. Сотник, О. М. Теліженко, В. А. Чудовська, Є. В. Хлобистов, А. К. Шидловський та ін. Аналіз цих праць засвідчив, що на сьогодні залишається невирішеним питання еколого-економічного оцінювання екодеструктивного впливу відновлювальних джерел енергії за етапами життєвого циклу енергетичного продукту.

Актуальність зазначених вище питань, їх важливість і практична значущість для підвищення ефективності діяльності підприємств енергетичного сектору обумовили вибір теми дисертаційного дослідження, його мету та завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертації відповідає основним науковим напрямам та найважливішим проблемам фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2014–2018 рр. (Постанова Президії НАН України № 179 від 20.12.2013 р.), а саме економіка природокористування й охорони навколишнього середовища. Дисертаційна робота виконана в рамках наукових досліджень Сумського державного університету, таких як: «Форсайт-прогнозування стійкості національної економіки: від соціо-еколого-економічних протиріч до конвергентної моделі» (номер д/р 0117U003932), де автор досліджує взаємозв'язок між обсягами виробленої енергії за рахунок відновлювальних джерел та викидами шкідливих речовин в атмосферне повітря; «Організаційно-економічні механізми стимулювання розвитку відновлювальної енергетики України» (номер д/р 0117U002254), де автор запропонував структурно-логічну схему життєвого циклу відновлювальних джерел енергії.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вдосконалення науково-методичного забезпечення оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії. Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

– визначити структурно-логічну сутність поняття «еколого-економічна збиткоємність відновлювальних джерел енергії»;

– обґрунтувати науково-методичні підходи до оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії;

– дослідити взаємозв'язки між економічними та екологічними наслідками використання відновлювальних джерел енергії;

– розвинути методичні засади щодо еколого-економічного оцінювання впливу негативних екологічних та економічних наслідків використання

відновлювальних джерел енергії за етапами життєвого циклу енергетичного продукту;

– розробити наукові підходи до визначення оптимальної структури енергетичного забезпечення країни на основі поєднання традиційних і нетрадиційних джерел енергії з урахуванням еколого-економічних наслідків їх використання;

– розвинути теоретико-методичні засади щодо формування організаційно-економічного механізму використання відновлювальних джерел енергії на національному рівні;

– розробити науково-методичний інструментарій стимулювання використання відновлювальних джерел енергії на національному та виробничому рівнях.

Об'єктом дослідження є система науково-методичного забезпечення процесів оцінювання еколого-економічної ефективності використання відновлювальних джерел енергії.

Предметом дослідження є еколого-економічні відносини, що виникають між виробниками, споживачами та органами державного управління з приводу ефективного використання відновлювальних джерел енергії.

Методи дослідження. Методологічною основою дисертаційного дослідження є діалектичний метод наукового пізнання, теорія економіки природокористування, системний підхід, фундаментальні положення економічної теорії збалансованого еколого-економічного розвитку, сучасні концепції управління життєвим циклом енергетичного продукту, загальна теорія еколого-економічного збитку, теорія економічного оцінювання природних ресурсів.

Для вирішення поставлених завдань у дисертаційній роботі були використані такі методи наукових досліджень: порівняльний аналіз – під час дослідження поточного стану і перспектив розвитку відновлювальних джерел енергії та енергетичного сектору в цілому; графічний та CLD-аналіз – при пошуку взаємозв'язків між економічними та екологічними наслідками використання відновлювальних джерел енергії; системно-структурний і логічний аналіз – під час

дослідження сутності поняття «еколого-економічна збиткоємність відновлювальних джерел енергії»; економіко-математичні методи – при формуванні оптимальної структури енергетичного забезпечення національної економіки під час використання традиційних і відновлювальних джерел енергії з урахуванням еколого-економічних наслідків.

Інформаційну базу дослідження склали: законодавчі та нормативно-правові акти України, офіційні статистичні дані, результати досліджень міжнародних організацій, монографії та науково-аналітичні статті вітчизняних і зарубіжних авторів, а також статистична інформація, зібрана та опрацьована особисто автором.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому:

вперше:

– розроблено методичний підхід до наукового обґрунтування оптимальної структури забезпечення електричною енергією національної економіки на основі поєднання традиційних і відновлювальних джерел енергії з урахуванням еколого-економічних обмежень щодо вартості купівлі та продажу електричної енергії, а також максимального й мінімального обсягів виробництва енергії за джерелами, що дозволяє сформувати стратегічні напрями забезпечення еколого-економічної безпеки енергетичного виробництва;

удосконалено:

– наукові засади оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження відновлювальних джерел енергії, які на відміну від існуючих поряд із позитивними враховують і негативні еколого-економічні наслідки використання відновлювальних джерел енергії за стадіями та фазами життєвого циклу енергетичного продукту, такі як: втрата вартості земельної ділянки від використання сонячних панелей, зменшення продуктивності праці від підвищення електромагнітного та шумового забруднення внаслідок використання вітрових електростанцій, збільшення економічних збитків від потрапляння змащувальних шкідливих речовин до водного басейну;

– науково-методичний підхід до формування організаційно-економічного механізму впровадження економічно доцільних та екологічно безпечних

відновлювальних джерел енергії, який на відміну від існуючих включає: систему солідарної співпраці стейкхолдерів, зацікавлених у прозорому ринку енергоресурсів, систему управління функціонуванням відновлювальних джерел енергії, показники еколого-економічної збиткоємності процесів генерації електричної енергії, фінансове забезпечення розвитку відновлювальних джерел енергії за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту, інструментарій стимулювання впровадження відновлювальних джерел енергії на національному та виробничому рівнях;

дістали подальшого розвитку:

– методичний підхід до науково обґрунтованого розподілу фінансових ресурсів на впровадження відновлювальних джерел енергії (ВЕС, СЕС, МГЕС і т. ін.), що на відміну від існуючих базується на принципах рекурентного співвідношення Беллмана, враховує техніко-технологічні прогнози зміни генерації енергії, її збиткоємність та співвідношення традиційних і відновлювальних джерел енергії;

– науково-методичний підхід до виявлення причинно-наслідкових зв’язків між екодеструктивним впливом на навколишнє середовище та енергетичною, екологічною й економічною безпекою на національному і виробничому рівнях, який на відміну від існуючих базується на використанні CLD-аналізу (Causal Loop Diagram Analysis) за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що теоретичні положення, висновки і рекомендації доведені до рівня методичних розробок, які дозволяють науково обґрунтувати можливість підвищення ефективності роботи енергетичного сектору економіки на основі оцінювання та порівняння відновлювальних джерел енергії (далі – ВДЕ).

Розроблені науково-методичні підходи та практичні результати дисертаційного дослідження щодо оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії були впроваджені в практичну діяльність промислових підприємств Сумської області: 1) АТ «Сумський завод «Насосенергомаш» (довідка № 43/2-049 від 21.06.2019 р.) – під час розроблення

перспективних планів енергетичного забезпечення підприємства з урахуванням екологічного навантаження; 2) пропозиції та практичні рекомендації щодо використання відновлювальних джерел енергії під час стратегічного планування розвитку ТОВ НВП «Насостехкомплект»», м. Суми (акт № 06/48 від 21 червня 2019 р.).

Матеріали дисертаційного дослідження були впроваджені в навчальний процес Сумського державного університету (акт впровадження від 21 червня 2019 р.), під час викладання дисципліни «Економіка ресурсозбереження».

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною науковою працею. Сформульовані та науково обґрунтовані авторські положення, висновки й пропозиції дозволяють вирішувати важливе науково-прикладне завдання щодо оцінювання еколого-економічного збитку від відновлювальних джерел енергії на всіх етапах життєвого циклу енергетичного продукту, отриманого за рахунок ВДЕ. Висновки і рекомендації, що виносяться на захист, одержані автором самостійно. Особистий внесок автора в наукових працях, опублікованих у співавторстві, зазначено в списку публікацій.

Апробація результатів дисертації. Основні положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи доповідалися на профільних наукових і науково-практичних конференціях, форумах різних рівнів, зокрема: Міжнародній науково-практичній конференції імені проф. О. Ф. Балацького «Економічні проблеми сталого розвитку» (м. Суми, 2015 та 2016 рр.); XIII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації» (м. Тернопіль, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «STABICONsystems–2017» (м. Суми, 2017 р.); XIV Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації» (м. Тернопіль, 2017 р.); П’ятнадцятій ювілейній міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції

глобалізації» (м. Тернопіль, 2018 р.); Міжнародному науковому форумі «STABICONsystems–2018» (м. Суми, 2018 р.); ІІ Всеукраїнській науково-практичній конференції «Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ» (м. Херсон, 2018 р.); Міжнародній науковій конференції «Нові тенденції та кращі практики соці-економічних досліджень» (м. Подгориця, Чорногорія, 2018 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 20 друкованих працях (9 з яких належать особисто авторові), зокрема, 2 підрозділи – в колективних монографіях, 8 статей – у наукових фахових виданнях України, 1 стаття – в наукових виданнях інших держав, 9 тез – у матеріалах конференцій. Загальний обсяг публікацій за темою дисертації становить 6,19 друк. арк., з яких особисто дисертантові належить 4,95 друк. арк.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел – 215 найменувань, 6 додатків.

Загальний обсяг дисертації – 214 сторінки, зокрема, основного тексту – 164 сторінок, 50 таблиць – на 44 сторінках, 20 рисунків – на 20 сторінках, список використаних джерел – на 21 сторінці, додатки – на 16 сторінках.

РОЗДІЛ 1
РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

1.1. Відновлювальні джерела енергії в енергетичному секторі економіки

Історія демонструє постійне використання нових технологій для покращення умов життя (Баранов, 2009), але для задоволення потреб необхідні ті чи інші ресурси, що і ставало причиною постійного суперництва та війн за весь час існування людства. Починаючи з VII ст. людство освоює використання перших необмежених джерел енергії: водної та вітрової. За період VII–XVII ст. з'являється десятки водяних та вітрових млинів, прядильні і ткацькі верстати, маслоробні, лісопильні та інше. На інструменти для задоволення потреб необхідна була велика кількість металу, а як наслідок і вугілля. З цієї причини виникає одна з перших екологічних криз, яка пов'язана з розвитком технологій та діяльністю людства: масова вирубка лісосмуг з метою отримання деревного вугілля.

Енергія вітру та води мала і має певні недоліки: непостійність та залежність від пори року. Цю проблему було вирішено в середині XVIII ст. за рахунок перетворення рушійної сили вогню, а саме в 1755 році Т. Ньюкомен та в 1763 році І. Прозунов створили перші парові машини. Проте перші парові двигуни мали дуже серйозні недоліки, серед яких були: велика маса і розміри, низький коефіцієнт корисної дії, але при цьому потребували великої кількості палива. Удосконаленням парових двигунів займались учені того часу до початку XX століття. Так, наприклад, Д. Уатт розробив сприйнятливий для сучасників вид парового двигуна, в 1804 році Р. Тервітік винаходить паровий локомотив, що призведе до відкриття першої залізниці в 1825 році. Тим часом, в 1805 році, завдяки Р. Фултому з'являється перший пароплав. Проте і цей період розвитку технології вплинув на навколишнє середовище (далі НС) – тисячі парових машин у містах призвели до непридатності життя за рахунок постійного паління паливних ресурсів.

Такі наслідки не можуть бути не помічені, а прогрес неможливо зупинити і вже в 1831 р., коли парові механізми визнавались як основний і сучасний механізм, англійський науковець М. Фарадей відкриває для людства нову еру в енергетиці – еру електрики. Експерименти М. Фарадея продемонстрували можливість перетворення механічної енергії в електричну. Розповсюдження електричної хвилі було не зупинити, чому слугував ряд причин:

1. Електричну енергію можна отримати за рахунок багатьох способів як механічної енергії води чи вітру, так і за рахунок паливних ресурсів;
2. Завдяки електричному струму, можна передавати енергію на великі відстані з малими витратами на транспортування;
3. Після транспортування електричну енергію можна перетворити в інший вид енергії необхідний для застосування з малими витратами.

Певною мірою розвитку електроенергії сприяла поява двигунів внутрішнього горіння, які перетворювали теплову енергії з вищим за парові двигуни ККД у механічну енергію, а механічну вже в електричну. Таким принципом користуються і до сьогоднішніх днів, проте потужні теплові електростанції мають великий екологічний деструктивний вплив за рахунок викидів продуктів горіння в атмосферу планети, а постійний ріст потреби людства в електричній енергії (Sawin, 2005, 2008, 2014, 2016, 2018, 2019) потребує все нових і нових потужностей.

Ще одним важливим етапом в енергетиці є відкриття атомної енергії. Цей прорив пов’язаний не з новим видом енергії для кінцевого споживача. Атомна електростанція базується на отриманні величезної кількості теплової енергії за рахунок розщеплення ядра урану. А вже після отримання теплової енергії її перетворюють на електричну.

А. Трофименко. у своїй роботі порівнював екологічний вплив атомних та теплових станцій. Порівнюючи рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу, ТЕС значно перевищують АЕС. Навіть радіаційний вплив ТЕС перевищує АЕС за однакової продуктивності з причини наявності у вугіллі таких елементів, як полоній, радій та торій. Екологічна ж небезпека хімічних та радіоактивних відходів стереотипно оцінюється некоректно з причини асоціювання радіоактивних

відходів з ядерною зброєю та Чорнобильською трагедією, але якщо мова йде про вплив на НС від всього циклу роботи АЕС, слід аналізувати і розраховувати наслідки роботи всього життєвого циклу (далі ЖЦ) енергії отриманої за рахунок ТЕС та їх навантаження на НС. Таким чином, слід ураховувати наслідки від вийнятих порід, добутого вугілля, дії води, що відкачується з шахт, яка має домішки таких шкідливих речовин, як миш'як, свинець, уран та інші.

Як демонструє історія, кожен технологічний прогрес людства мав негативний вплив на НС. Постійно використовуючи декілька ресурсів для задоволення власних потреб людства в енергії, не дотримувались еколого-орієнтовного підходу, що призводило і призводить до дефіциту певних ресурсів для виробництва енергії, підвищуючи їх вартість, і водночас збільшуючи деструктивний вплив на НС. Екологічні проблеми пов'язують все людство з тієї причини, що екологічні катастрофи впливають не лише на територіальний осередок, а мають наслідки і для сусідніх регіонів, країн та планети в цілому. З цієї причини міжнародними об'єднаннями було укладено ряд угод, до яких можна віднести стратегію сталого розвитку та основні цілі ООН (Assembly, 2015), Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (995_801, 2006) та інші.

За сучасних умов у світі спостерігається тенденція до зростання ролі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Прикладом можуть виступати країни-лідери за впровадженням та виробництвом енергії за рахунок ВДЕ, а саме: Китай, який займає перше місце за показниками отриманої та впровадженої енергії від ВДЕ. Наступними йдуть Німеччина, США, Японія, Бразилія (Sawin, 2005, 2008, 2014, 2016, 2018, 2019). Використовуючи термін «відновлювальні джерела енергії», слід звернутись до визначення в Законі України «Про альтернативні джерела енергії» (2003), де є вдале і чітке визначення, яке передає сутність поняття, хоча і існує подвійне тлумачення терміну «альтернативні» замість «відновлювальні» (Кузьміна, 2013; Шкурідін, 2014). Згідно з Законом («Про альтернативні джерела енергії», 2003), альтернативні джерела енергії – «це відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна,

аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний гази, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів».

Джерелом альтернативної енергії є первинна енергія. Первинною енергією за В. Самойловим слід вважати енергію, яка знаходиться у природних джерелах і в процесі її використання може бути перетворена на електричну, теплову, механічну та хімічну (Самойлов, 2002). Джерела надходження первинної енергії на Землю поділяються на: сонячне випромінювання, геотермальну та гравітаційну енергії (Дудюк, 2008).

Альтернативна енергія постійно поповнюється, оскільки її джерела майже невичерпні на відміну від вичерпних ресурсів, таких як нафта, вугілля, природний газ та інші. Інший спосіб розподілення енергетичних ресурсів – відокремлення традиційних та нетрадиційних видів енергії. Традиційними джерелами енергії прийнято вважати ті види енергії, що широко використовуються у життєдіяльності людини. До них відносять: гідромеханічні види енергії, органічне та ядерне паливо.

Світова енергетична рада, до складу якої входить понад 90 країн світу, використовує класифікацію 16 видів енергетичних ресурсів та поділяє їх на традиційні і нетрадиційні, а також на відновлювальні та невідновлювальні, рис. 1.1 (Дудюк, 2008).

Така класифікація дуже ємна і чітко розподіляє джерела енергії за видами. Ця схема доповнюється і змінюється відповідно до змін, які виникають на світовому енергетичному ринку. Відомо, що останні роки особлива увага приділяється енергії сонця (сонячні електростанції), вітру (вітряні електростанції), геотермальній енергії, та різним видам біомаси, тобто вже в 2020 році частина цих видів відновлювальних джерел можуть стати традиційними уа світі.

Рисунок 1.1 – Класифікація джерел енергії за даними Світової енергетичної ради (Шидловський, 2007; Нараєвський, 2012)

Існує ряд вагомих факторів, які пояснюють причини такої уваги до ВДЕ:

1. Підвищення вартості енергії, отриманої традиційним шляхом, за рахунок підвищення собівартості вичерпних ресурсів.

2. Кожного року обсяги використання електроенергії збільшуються, що потребує збільшення обсягів виробництва енергії та призводить до постійного росту деструктивного впливу на НС з тієї причини, що більшість виробленої енергії в найменш розвинутих країнах і країнах, що розвиваються, отримується за рахунок невідновлювальних джерел.

3. Міжнародна політика підтримки цілей сталого розвитку в країнах світу.

Впровадження ВДЕ виступає інструментом вирішення цих факторів. Інвестування в сегмент ВДЕ вирішує потреби в енергії майбутніх поколінь та зменшує навантаження на НС, а також зберігає вичерпні ресурси планети.

Згідно з Енергетичною стратегією України до 2035 р. (№ 605-р, 2017) планується забезпечити виробництво 20% загального виробництва електроенергії країни за рахунок ВДЕ. Також планується зменшити енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) до рівня 0,17 кг нафтового еквіваленту на 1 дол. США. Подібні програми були прийняті в багатьох розвинутих країнах та тих, що розвиваються. Загальна мета таких стратегій є реалізація цілей сталого розвитку. Реалізація еколого-орієнтовних стратегій потребує наукових досліджень для раціонального та економічно аргументованого підходу для реалізації поставлених цілей і задач.

Серед вітчизняних науковців питаннями енергетики, природокористування, екології та впровадження ВДЕ опікувались О. Ф. Балацький (2012), В. Биба, О. Чмирь (2013), С. Войтко (2013), В. Геєць (2015), Я. Дідух (2007), А. Жулавьский (2009), Л. Матвійчук (2013), Л. Мельник (2005), О. Ободовський (2016), Л. Рибченко (2015), А. Рожко (2007), Т. Сердюк (2009), О. Сінгуцький (2014), О. Суходоля (2014), І. Сотник (2016), О. Теліженко (2013), А. Шидловський (2005) та інші.

Д. Медоуз посилаючись на Глобальну модель розвитку людства «World-3», розроблену в Массачусецькому Технологічному Університеті, зазначав, що споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) зростає щорічно приблизно на 1 – 2%, що становить близько 200 млн. т. умовного палива. Згідно з цією моделлю до 2020 року країни третього світу споживатимуть 70 % енергії від загального показника. За таких прогнозів енергетичного сектору пошук альтернативних джерел задоволення потреб в енергії є пріоритетним напрямом економіки та науки у світі.

За даними представленими у роботі Рожко (2010), прогнозується у найближчі 10 років зростання використання ВДЕ на рівні 2,8 %, а електроенергії за рахунок ВДЕ – на 9,2 %.

В. Биба та О. Чмирь (2013) підкреслюють важливість впровадження вітрових електростанцій у таких районах України, як Карпати, Закарпаття, Донецька височина, Приазовська та Причорноморська низовини. У цих районах вітрова енергія може бути дійсною альтернативою використанню теплових електростанцій, які використовують вичерпні ресурси та задають шкоди НС.

Л. Рибченко (2015), оцінюючи потенціал сонячних колекторів, зазначає, що за 2001 – 2014 рр. підвищилась сумарна та пряма сонячна радіація відносно кліматологічної стандартної норми 1961 – 1990 рр. та збільшилась тривалість сонячного сяйва. Роблячи висновок з розрахунків наведених у працях Л. Рибченко, райони степу, Криму та на сході лісостепу є найбільш перспективними на території України для впровадження сонячних електростанцій. Західний лісостеп та гірські райони Українських Карпат є зоною низького сонячного випромінювання. З цієї причини в цих районах доцільніше використовувати інші види ВДЕ.

Питанню гідроенергетики в Україні приділяв увагу О. Суходоля (2014), який зазначає, що гідроенергетичний сектор України має невикористаний ефективний потенціал близько 6,5 млрд кВт • год. У свою чергу О. Ободовський особливо підкреслює досвід Латвії, Чехії, Польщі та Словаччини з упровадження та використання МГЕС. В Україні у 1960 роках нараховувалось 956 МГЕС загальною потужністю близько 30 МВт, а станом на 2015 рік нараховувалось 105 МГЕС загальною потужністю 82 МВт. За рахунок використання більш технологічних МГЕС в абсолютному виразі потужність вища за 1960 рік, але за наявності третини кількості МГЕС на території України з приблизно таким самим ККД прогнозована потужність могла сягнути відмітки в 250 МВт.

Л. Матвійчук (2013) у своїх дослідженнях вивчав питання економічної доцільності використання ВДЕ в Україні, а С. Войтко (2013) вивчала енергетичну безпеку в аспекті використання ВДЕ, проте, обидва науковця прийшли до висновку, що для стійкого розвитку відновлювальної енергетики в Україні насамперед слід вирішити питання нормативно-правової бази, ефективного державного регулювання, фінансово-економічного стимулювання і саме за допомогою комплексного підходу енергетична система України зможе розвиватись

швидко і ефективно з інтеграцією ВДЕ до загальної енергетичної системи. Л. Матвійчук (2013) у своїй статті розглядає питання щодо доцільності впровадження альтернативних джерел енергії в певних регіонах. На його думку, існує багато праць про використання ВДЕ та їх ефективності, але в багатьох з них не враховується специфіка вітчизняної економіки (Матвійчук, 2013).

Слідкуючи за економічним становищем України, можна зробити висновок, що впровадження ВДЕ за рахунок бюджетних коштів є неможливим через щорічний дефіцит бюджету та високу вартість впровадження ВДЕ. У такому випадку країна може встановити вигідні для підприємців умови, піднявши інвестиційну привабливість галузі для місцевих підприємців та партнерів з інших країн. О. Теліженко та інші (2013) пропонували методичні підходи до оцінки інвестиційних проектів енергозбереження. Якщо враховувати в цих методах впровадження ВДЕ як один з пріоритетних напрямків, дана модель підтвердить доцільність упровадження відновлювальних технологій.

На розвиток ВЕ впливає ряд факторів. М. Бекбергер (Reiche & Bechberger, 2004) виділяє п’ять з них: географічні, цінові (економічні), політичні, технологічні, соціальні. Перший та третій фактори за М. Бекбергом мають прямий вплив на прибуток від використання ВДЕ.

Україна має значну кількість територій, які є перспективними для будівництва електростанцій промислового масштабу з використання ВДЕ.

Слід додати, що за наявності хочаб однієї проблеми за одним з факторів Бекбергера (2004) процес переходу на ВДЕ буде значно ускладнений на національному та регіональному рівнях. З цієї причини при формуванні стратегії впровадження на рівні країни чи регіону слід урахувати та зробити висновки за п’ятьма факторами, які наведені вище. Аналізуючи ці фактори на прикладі України, слід підкреслити перспективні та гарні географічні умови, соціальну інформованість про позитивні характеристики впровадження ВДЕ. Проте, як зазначали Л. Матвійчук (2013) та С. Войтко (2013), в Україні існують певні бар’єри з боку політичних факторів, які у свою чергу прямо впливають на цінові (економічні) та технологічні фактори. Для побудови еколого-орієнтованого

енергетичного сектору України необхідно використовувати стратегічний підхід у вирішенні завдань.

Перший фактор за М. Бекбергом – географічні чинники, показники якого дуже позитивні з точки зору еколого-орієнтованого розвитку ВЕ. На прикладі щільності населення регіону: на перший погляд не пов’язаний показник з інвестиційною привабливістю галузі ВДЕ, але для отримання великої кількості енергії за рахунок ВДЕ необхідна наявність вільного простору для розташування об’єктів виробництва енергії. Крім сонячних панелей у межах міста дуже важко використовувати інші технології ВЕ. Сонячні колектори в цьому розумінні дуже зручні, оскільки для їх розташування ідеально підходить поверхня даху будівель та, в деяких випадках, бокові сторони будівель. Певною мірою можна використовувати вітрові електростанції, проте, в переважній кількості випадків використання сонячних панелей економічно доцільніше.

За сучасних умов Україна має велику кількість умовно невикористаної території, що в перспективі може бути використано для будівництва електростанцій промислового масштабу, які отримуватимуть енергію за рахунок ВДЕ. На користь географічних чинників виступає наявність великої кількість річок в рівнинній частині країни та наявність швидких гірничих річок, сонячні регіони південної та центральної частини України мають вільні території та потужне сонячне випромінювання для впровадження сонячних колекторі. Вся північна та центральна частини України мають можливість використовувати вітрові електростанції за рахунок потужних, в порівнянні з іншими регіонами, вітрами.

Усі наведені фактори впливають на формування енергетичної стратегії держави. На державному рівні відбувається координація об’єднань у певному цільовому напряму, яка отримує назву «енергетична стратегія». Слід зазначити, що на рівні держави енергетична стратегія має бути офіційно зазначена та бути чіткою, не мати подвійного тлумачення, а також мати критерії успішності для оцінки реалізації за певний період. Термін «енергетична стратегія» може застосовуватися на всіх рівнях: планетарному, об’єднань країн або окремих держав, регіонів або міст, підприємств та мікрорівні.

Питанням енергетичної стратегії у своїх працях розглядали Л. Гладка та А. Мироненко (2016). Вони зазначали, посилаючись на Закон України, що енергетична стратегія підприємства містить такі розділи:

1. Дослідження та моніторинг ринку енергоресурсів.
2. Управління з енергоефективності.
3. Реструктуризація норм витрат.
4. Технологічне переоснащення виробництва.
5. Тестування ВЕ.

При формуванні енергетичної стратегії слід вирішувати питання енергозбереження та енергоефективності з урахуванням еколого-орієнтованого інвестування. За сучасних умов слід вирішувати завдання оптимальної комбінації традиційних та ВДЕ, це потребує системного підходу та математичних розрахунків. Говорячи про енергоефективність та енергозбереження в понятті енергетичної стратегії ми використовуємо поняття «енергоефективність» як ефективність енергетичної системи, а «енергозбереження» – як дбайливе використання невідновлювальних ресурсів та мінімізації негативного впливу на НС.

Таким чином, енергетична стратегія – це довгострокова програма дій з економічного розвитку, спрямована на ефективне використання енергоресурсів, яка включає в тому числі дії з підвищення якості енергетичної системи, забезпечення енергетичної безпеки, мінімізації негативного впливу на НС у рамках рівня, на якому дана стратегія розробляється.

Ефективне використання енергоресурсів, або енергоефективність, також є гострим питанням. За розрахунками Я Дідуха (2007) в Україні у 2004 р., було видобуто 20,36 млрд $м^3$ газу, що еквівалентно $0,75 \cdot 10^{18}$ Дж, 4,08 млн. т нафти ($0,188 \cdot 10^{18}$ Дж), 54,68 млн. т кам'яного вугілля ($1,6 \cdot 10^{18}$ Дж), 0,52 млн. т бурого вугілля ($0,006 \cdot 10^{18}$ Дж). Сумарно це дорівнює $2,54 \cdot 10^{18}$ Дж. У цілому Україна використовує $7,68 \cdot 10^{18}$ Дж палива, а за розрахунками енергетиків потреба в ньому трохи вища — 3 млн т у.п. (1 т умовного палива дорівнює 1 т кам'яного вугілля), що дорівнює $8,79 \cdot 10^{18}$ Дж, тобто у 40 разів перевищує біологічні потреби

населення в харчуванні і щорічний приріст усієї біомаси України (7,45 • 10^{18} Дж). Таким чином, населення України вже реально спалює вітчизняної й імпортованої енергії більше, ніж запасається її в екосистемах. Співвідношення палива країни до енергоприросту її екосистем становить 34%, а решта (66%) — імпортується (Дідух, 2007). За таких розрахунків необхідно оцінити потенційну загрозу, та приділити увагу такому важливому питанню, як ефективне використання енергетичних ресурсів.

На противагу загальному погляду вітчизняних учених, О. Сінгуцький (2014) зазначає, що головним напрямом розвитку енергетичного сектору України має стати не будування та впровадження нових потужностей, а підвищення енергоефективності існуючих та зменшення витрат на транспортування. Цей підхід доцільний, враховуючи той фактор, що Україна має дуже енергоємне виробництво, про що свідчить статистика та дослідження таких вітчизняних учених, як О. Бархатов (Бархатов, & Ковальчук, 2013), Г. Окаряченко (2013) та І. Мазур (2012). За такої енергоємності немає різниці з якого джерела отримана енергія, коли її використання є неефективним.

Як міжнародний експерт А. Райлі, так і вітчизняний вчений В. Бараннік (2015), у своїх працях зазначали, що Україна має дуже велику можливість щодо підвищення енергоефективності, однак, на даному етапі розвитку являє собою одну з найбільш енергоємних країн у світі. Також В. Бараннік (2015) наводить приклади підвищення енергоефективності домашніх господарств та країн-сусідів України, але така тенденція майже відсутня на вітчизняній території. В Енергетичній стратегії України на період до 2035 року зазначається показник енергоємності ВВП на рівні 0,17 т н.е./1000 дол., проте, на 2005 рік цей показник складав 0,36 т н.е./1000 дол.

Для зменшення енергоємності ВВП І. Мазур (2012) рекомендує сконцентрувати увагу на таких напрямах політики енергоефективності, як розвиток транспортної інфраструктури, електро- та тепломереж; впровадження енергоощадних заходів для зменшення непродуктивних втрат енергоресурсів при транспортуванні; проведення активної роз’яснювальної роботи серед населення

щодо впровадження малобюджетних заходів з енергозбереження; стимулювання попиту на послуги та продукцію підприємств у сфері енергозбереження; впровадження когенераційних технологій і теплових насосів для забезпечення теплопостачання; модернізація котелень і переведення їх на відновлювальні види ПЕР; будівництво об'єктів з виробництва і використання відновлювальних джерел ресурсів; забезпечення комплексного підходу до фінансування проектів з енергозбереження шляхом компенсування відсотків за кредитами за рахунок бюджетних коштів незалежно від сфери реалізації та ініціаторів, тощо.

Вважаємо, що І. Мазур (2012) всебічно підходить до питання покращення умов впровадження та використання ВДЕ, але, враховуючи фактори за М. Бекбергером (2004), який першим фактором відокремлює саме географічні чинники, слід диференціювати ВДЕ в залежності від регіону України. Таким чином, обробивши дані досліджень вітчизняних та зарубіжних дослідників можна умовно розділити Україну на чотири регіони за умовами ВДЕ (рис.1.2).

Перший регіон має сприятливі умови для МГЕС завдяки наявності швидких гірничих річок і низькому рівню сонячного випромінювання. Однак, деякі західні регіони мають сприятливі місця також для отримання вітрової енергії.

Другий регіон має кращі умови завдяки сонячному випромінюванню, проте, недостатньо у порівнянні з іншими регіонами. Степний географічний ландшафт – зручний для використання вітрової енергії, крім того, є річки, які дозволяють отримувати енергію за рахунок МГЕС, хоча і менше, ніж у першому регіоні. За загальною оцінкою даний регіон має слабкі позиції за всіма напрямами: гідро-, сонячним та вітровим потенціалом у порівнянні з іншими.

Третій регіон має однаковий з четвертим регіоном потенціал за водною потужністю, але на цій місцевості спостерігається значний приріст у сонячному випромінюванні та кількості сонячних днів на рік, а вітрова енергія відступає на другий план.

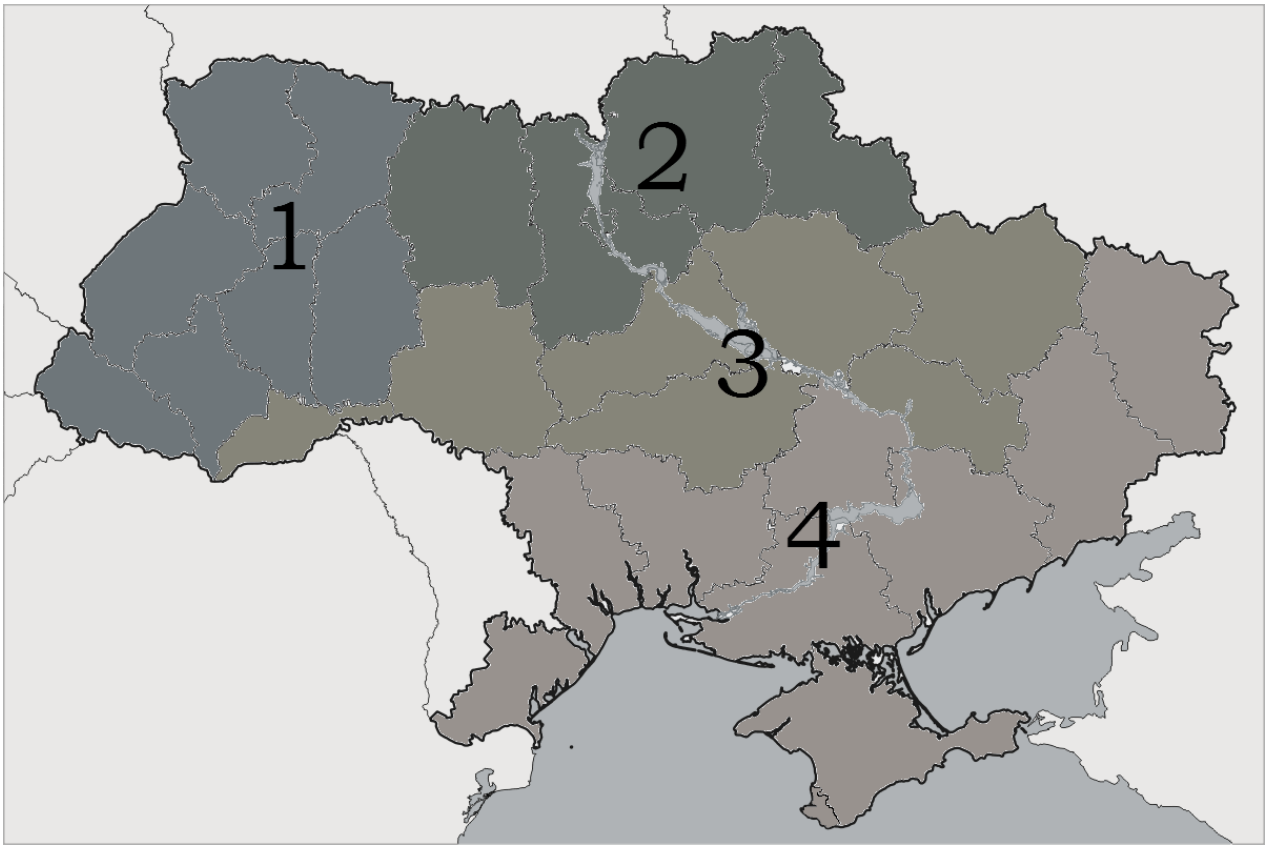


Рисунок 1.2 – Умовне розподілення України на регіони за потенціалом ВДЕ

У той самий час умовний четвертий регіон України є найперспективнішим за використанням сонячних геліоколекторів зі слабким потенціалом використання вітрової енергії та умовно слабкішим за гідроенергією.

Можна зробити висновок, що гідроенергія має великий потенціал у західній частині України, та умовно-середній – в інших регіонах країни. Сонячне випромінювання має найбільшу потужність у південних та центрально-південних регіонах, а вітрову енергію доцільно впроваджувати у північній, центральній та деяких місцях західної України.

Для реалізації поставленої мети до 2035 року в Україні стосовно відсотка ВДЕ у загальній системі енергопостачання запроваджують стимулюючі заходи та нормативно-правові акти. Так, наприклад, у Законі України «Про електроенергетику» (№575/97-ВР, 1998) та Стратегії розвитку на 2035 рік (2017) чітко підкреслюють важливість впровадження ВДЕ. Зокрема, у згаданому Законі України прописані стимулюючі заходи щодо виробництва електроенергії з альтернативних (відновлювальних) джерел енергії. Так званий «зелений» тариф

(далі ЗТ), розмір якого встановлюється для кожного з джерел енергії та для кожного окремого суб'єкта господарювання. У даному законі йде мова про те, що країна зобов'язується викупити 100% електроенергії, виробленої за рахунок ВДЕ і згідно з розміром встановленого ЗТ. Сам базовий тариф встановлюється у євро за кВт • год у гривневому еквіваленті і для кожного виду ВДЕ, а також залежно від року введення в експлуатацію. Для кожного з джерел ВДЕ розраховано свій коефіцієнт, який враховує рік упровадження та джерело виробництва. Це зроблено з метою підвищення інвестиційної привабливості галузі для закордонних партнерів. Також, чим раніше введені в експлуатацію енергогенеруючі потужності, тим вищій коефіцієнт.

Для сонячних панелей введених в 2017 році рівень ЗТ фіксовано на рівні 0,18 євро за 1 кВт • год. Завдяки даним (Solargis) та розрахунковим курсом 31,27 грн за євро можна зробити розрахунок доходу від СЕС, табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Розрахунок доходу СЕС за обласними центрами України

№	Область	Сонячне випром-ня кВт•год/м^2	ККД СЕС			Дохід в рік при ККД СЕС		
			25%	27,5%	30%	25%	27,5%	30%
1	АРК	1430	357,5	393,3	429,0	2012,2	2213,5	2414,7
2	Херсонська	1331	332,8	366,0	399,3	1872,9	2060,2	2247,5
3	Одеська	1306	326,5	359,2	391,8	1837,7	2021,5	2205,3
4	Миколаївська	1279	319,8	351,7	383,7	1799,7	1979,7	2159,7
5	Запорізька	1277	319,3	351,2	383,1	1796,9	1976,6	2156,3
6	Дніпропетровська	1261	315,3	346,8	378,3	1774,4	1951,9	2129,3
7	Донецька	1259	314,8	346,2	377,7	1771,6	1948,8	2125,9
8	Луганська	1213	303,3	333,6	363,9	1706,9	1877,6	2048,3
9	Полтавська	1204	301,0	331,1	361,2	1694,2	1863,6	2033,1
10	Кіровоградська	1190	297,5	327,3	357,0	1674,5	1842,0	2009,4
11	Харківська	1174	293,5	322,9	352,2	1652,0	1817,2	1982,4
12	Черкаська	1164	291,0	320,1	349,2	1637,9	1801,7	1965,5
13	Закарпатська	1124	281,0	309,1	337,2	1581,6	1739,8	1898,0
14	Сумська	1124	281,0	309,1	337,2	1581,6	1739,8	1898,0
15	Чернівецька	1099	274,8	302,2	329,7	1546,5	1701,1	1855,8
16	Вінницька	1098	274,5	302,0	329,4	1545,1	1699,6	1854,1
17	Київська	1093	273,3	300,6	327,9	1538,0	1691,8	1845,6

Продовж. таблиці 1.1.

18	Чернігівська	1089	272,3	299,5	326,7	1532,4	1685,6	1838,9
19	Житомирська	1071	267,8	294,5	321,3	1507,1	1657,8	1808,5
20	Хмельницька	1062	265,5	292,1	318,6	1494,4	1643,8	1793,3
21	Рівненська	1044	261,0	287,1	313,2	1469,1	1616,0	1762,9
22	Волинська	1041	260,3	286,3	312,3	1464,8	1611,3	1757,8
23	Івано–франківська	1037	259,3	285,2	311,1	1459,2	1605,1	1751,1
24	Тернопільська	1037	259,3	285,2	311,1	1459,2	1605,1	1751,1
25	Львівська	1023	255,8	281,3	306,9	1439,5	1583,5	1727,4

(розрахунки автора на базі Solargis)

Сонячне випромінювання та ККД є одними з головних показників для отримання енергії від сонячних панелей. Найбільш розповсюджені моделі панелей СЕС з ККД, що приблизно дорівнює 25%. У таблиці 1.1 наведено декілька сценаріїв з різним ККД для більш об'єктивного аналізу. Зміна показника ККД на 2,5% призводить до росту доходу в розмірі 201,22 грн/ $м^2$ на рік в АРК та 143 грн/$м^2$ на рік у Львові, за умови продажу енергії за ЗТ.

Максимальне та мінімальне значення сонячного випромінювання за картою України становить 1514 кВт • год/$м^2$ та 687 кВт • год/$м^2$ за рік (Solargis). За наведеними розрахунками розбіжність між максимальним та мінімальним (Сімферопіль та Львів) сонячним випромінюванням становить 28,46%. Середнє значення випромінювання становить 1222 кВт/$м^2$ за рік.

На перший погляд, впровадження такого стимулюючого заходу як ЗТ має значний вплив на розвиток ВДЕ в Україні. У відносному виразі ВДЕ має значний приріст з причини майже повної відсутності його на енергетичному ринку України, табл. 1.2 (офіційний сайт ДП «Енергоринок»).

В абсолютному значенні цей показник змінюється дуже повільно. Хоча ЗТ має сприяти розвитку та залученню інвестицій, проте, відсутність стратегічного управління в енергетичному секторі та дефіцит бюджету Україні впливає на виплати за ЗТ.

Таблиця 1.2

Структура енерговиробництва за джерелами в Україні (ДП «Енергоринок», 2016)

	2010		2011		2012	
	Млрд. кВт • год	%	Млрд. кВт • год	%	Млрд. кВт • год	%
ТЕЦ та ТЕС	85,94	45,71	92,96	47,89	96,54	48,73
АЕС	89,15	47,38	90,25	46,50	90,14	45,50
ГАЕС та ГЕС	12,96	6,88	10,77	5,54	10,83	5,46
ВДЕ	0,05	0,03	0,12	0,07	0,61	0,31
	2013		2014		2015	
	Млрд. кВт • год	%	Млрд. кВт • год	%	Млрд. кВт • год	%
ТЕЦ та ТЕС	94,93	48,73	82,9	45,56	61,78	39,18
АЕС	83,21	45,50	88,39	48,58	87,63	55,58
ГАЕС та ГЕС	14,22	5,46	9,09	5,00	6,81	4,32
ВДЕ	1,19	0,31	1,56	0,86	1,45	0,92

Порівнюючи дані таблиць 1.2 та 1.3, бачимо різницю між ЗТ та вартістю електричної енергії для населення і різниця більша, ніж у 2 рази.

Таблиця 1.3

Середньомісячне споживання у 2016 році на одне домогосподарство (НКРЕКП, 2016)

Країна	Населення	Населення з електроопаленням	Тарифів на електричну енергію для населення
	Середнє по країні кВт • год		грн/кВт • год
Україна	161	1129	0,82
Польща	167		4,02
Словаччина	227		4,78
Румунія	135		3,59

Щомісячне споживання електроенергії України становить 161 кВт • год для населення та 1126 кВт • год для населення з електроопаленням, табл. 1.2. Приблизно стільки споживає населення Польщі та Румунії, але існує велика різниця в тарифах на електричну енергію. У країнах-сусідах тарифи на електроенергію більші за українські в 4 рази.

За наведеними даними можна зробити висновок, що Україна отримує понад 80% енергії за рахунок невідновлювальних ресурсів кожен рік, а постійний

перегляд ЗТ, як наведено в таблиці 1.4, та умов його виплати не сприяє підвищенню інвестиційної привабливості галузі. Протягом 2009 - 2014 років ЗТ майже не змінювався у гривневому еквіваленті, а кількість підприємств, які починали займатися виробництвом «зеленої» енергії, зростало.

Таблиця 1.4

Зелений тариф за видами ВДЕ (НКРЕКП, 2014)

№	Назва нетрадиційного джерела енергії	Встановлений для більшості підприємств ЗТ без ПДВ, коп/кВт • год у 2014 р.						коп/кВт • год у 2017 р.
		З 01.03	З 01.04	З 01.05	З 01.06	З 01.07	З 01.08	З 01.04
1	Виробники енергії з енергії вітру	138,55	166,45	177,91	181,20	183,15	177,90	186,10 – 325,68
2	Виробники енергії з біомаси	151,75	182,30	194,85	198,46	200,59	194,85	356,70
3	Виробники енергії з сонячного випромінювання	570,04 / 415,66	684,81 / 499,34	731,98 / 533,73	745,52 / 543,61	753,53 / 549,45	731,95 / 533,71	488,52 – 1339,9
4	Виробники енергії міні-гідроелектростанціями	142,51	171,20	192,99	186,38	188,38	182,99	334,99 – 558,31

Динаміка зміни тарифу за 2014 рік прямо відображає економічну нестабільність та непрогнозований стан країни для подальшого інвестування. За таких умов, незважаючи на існуючі сприятливі фінансові умови для розвитку ВДЕ в Україні, інвестиційна привабливість галузі і країни знижується. В Україні кількість виробленої енергії з ВДЕ становить менше 2 ГВт у той час, як за даними міжнародного звіту з ВДЕ (Sawin, 2018) в провідних країнах цей показник складає: 258 ГВт – для Китаю, 145 ГВт – для США та 33 ГВт – для Італії, яка посідає 6 місце серед країн-лідерів за кількістю виробленої енергії з ВДЕ, рис 1.3.

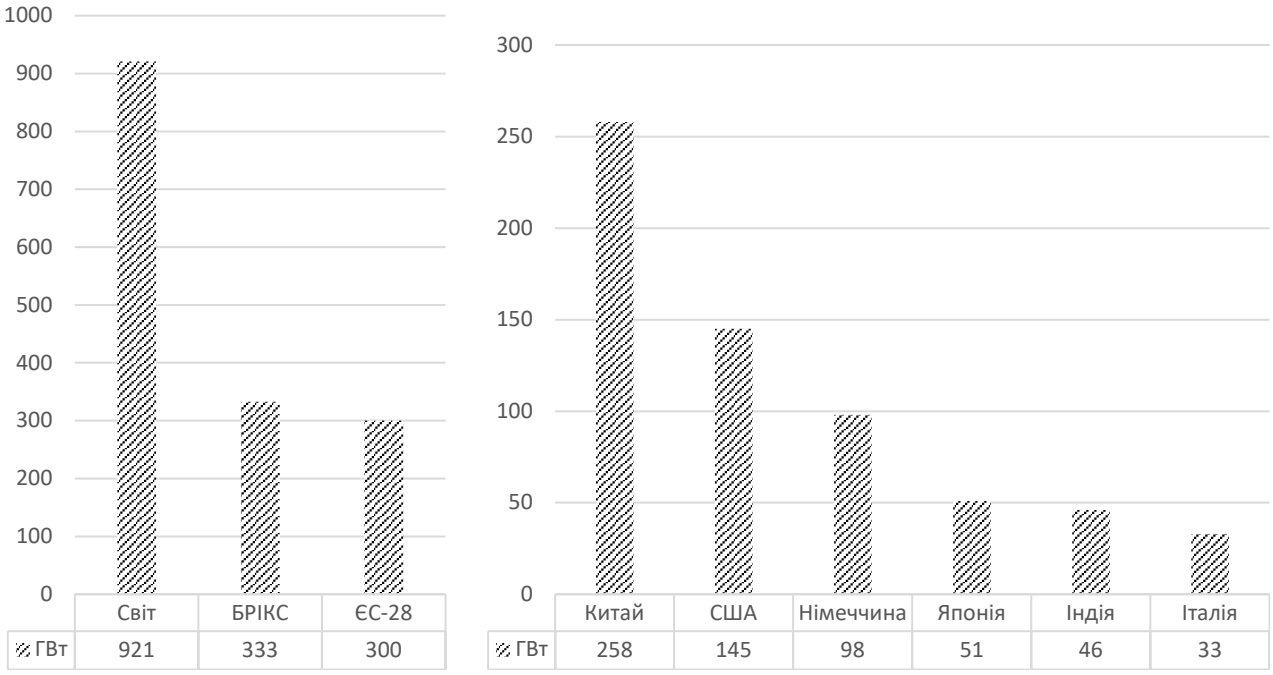


Рисунок 1.3 – Потужність ВДЕ у країнах світу у 2016 (Sawin, 2018).

За даними незалежної статистики та аналітики США (Independent Statstics & Analysis. U.S. Energy Information Administration; EIA, 2018) структура виробництва за видами первинної енергії (табл 1.5) у країні демонструє значне збільшення кількості виробленої енергії з ВДЕ та сухого природного газу, а об'єми виробництва енергії за рахунок вугілля – скорочуються.

Таблиця 1.5

Структура виробництва електроенергії за видами первинної енергії у США, Квадріліон Btu (EIA, 2018)

Рік	Вугілля	Природний газ (сухий)	Сира нафта	Природний газ (рідкий)	Атомна енергія	ВДЕ	Інші
2009	21,62	21,14	11,33	2,57	8,36	7,62	27,36
2010	22,04	21,81	11,59	2,78	8,43	8,08	25,27
2011	22,22	23,41	11,95	2,97	8,27	9,10	22,08
2012	20,68	24,61	13,77	3,25	8,06	8,74	20,89
2013	20,00	24,86	15,81	3,53	8,24	9,25	18,31
2014	20,29	26,72	18,55	4,10	8,34	9,61	12,39
2015	17,95	28,06	19,65	4,57	8,34	9,49	11,94
2016	14,58	27,41	18,59	4,74	8,42	10,22	16,04

В іншій країні-лідері за впровадженням ВДЕ, Китаї, структура виробництва електроенергії в 2016 році значно відрізняється. У США виробляється приблизно 12% за рахунок ВДЕ в загальній структурі виробництва електроенергії в країні. У Китаї цей показник на рівні 8,4%, рис. 1.4.

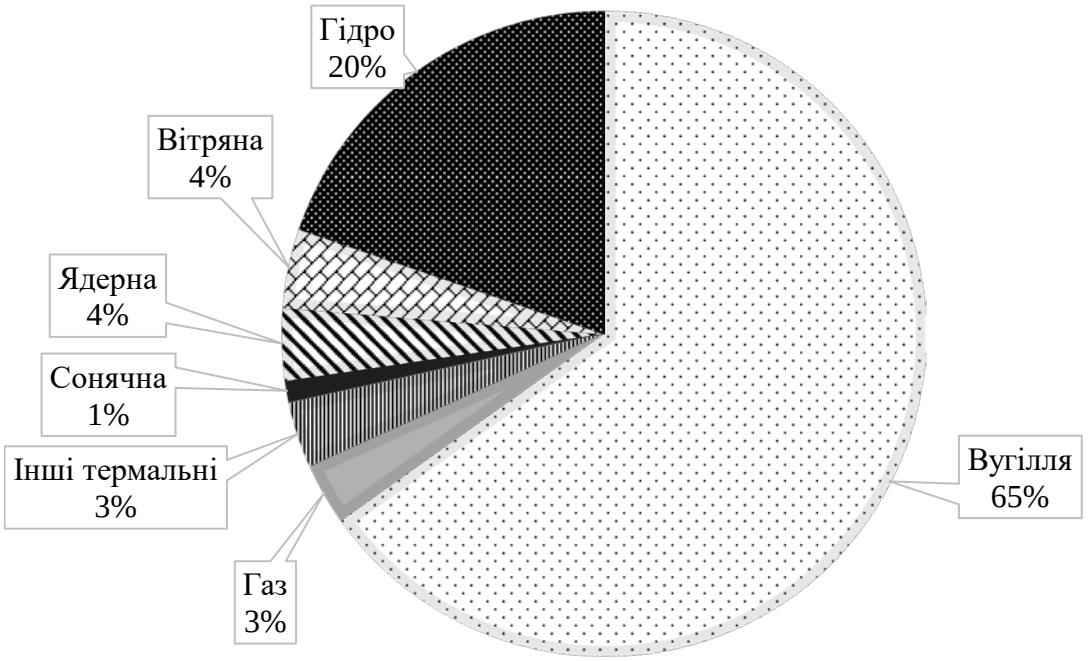


Рисунок 1.4 – Співвідношення виробленої енергії в Китаї за джерелами, 2016 (China Energy Portal, 2017)

Повертаючись до України, об’єм інвестицій у сектор ВДЕ протягом 2014 року та на початку 2015 року різко зменшується. Це обумовлено двома нормативно-правові актами НКРЕ, які зменшили ЗТ на 10 – 20% (в залежно від виду ВДЕ), а тарифи на відпуск сонячної енергії на 55%, а інші види енергії на 50%.

Таке рішення було прийнято в рамках режиму надзвичайного становища в енергетиці. За умов нестабільності в країні та непостійному курсу валют інвестиційна привабливість країни для іноземного інвестора значно знижується, а такі рішення призводять до зменшення інтересу і довіри з боку інвесторів.

Аналізуючи енергетичний ринок України та основні пов’язані з ним чинники, слід скористатися моделлю конкуренції М. Портера (Porter, 2008). Аналіз структурних сил галузі дозволяє нам стверджувати, що в Україні склалась ситуація,

коли ринкова влада постачальників є майже безмежною, а ринкова влада покупців невелика. Причина такого розподілу сил полягає у природній монополії постачальників електричної енергії. Така ситуація може бути змінена найближчим часом і саме впровадження використання ВДЕ сприятиме цим змінам. За умов наявності ВДЕ та постійного зменшення їх вартості, удосконалення нормативно-правової бази призведе до реконфігурації та зміни сил в конкурентному середовищі енергетичного ринку України на користь конкурентного ринку.

Наявність альтернативи традиційному постачальнику-монополісту запустить позитивні механізми живої конкуренції, що призведе до зниження собівартості виробництва енергії, тобто підвищить енергоефективність сектору вироблення електричної енергії України. При розвитку енергетичного сектору будуть впроваджуватись альтернативні джерела, в тому числі ВДЕ, а електроенергія, отримана за рахунок ВДЕ, є прямим крок до еколого-орієнтованого розвитку як регіону, так і країни.

Згідно з постулатом Хаззума–Брукса (Khazzoom, 1980) та парадоксом Джевонса (Jevons, 1866) підвищення енергоефективності не призведе до зменшення об’ємів використання енергії, але призведе до росту економічних показників.

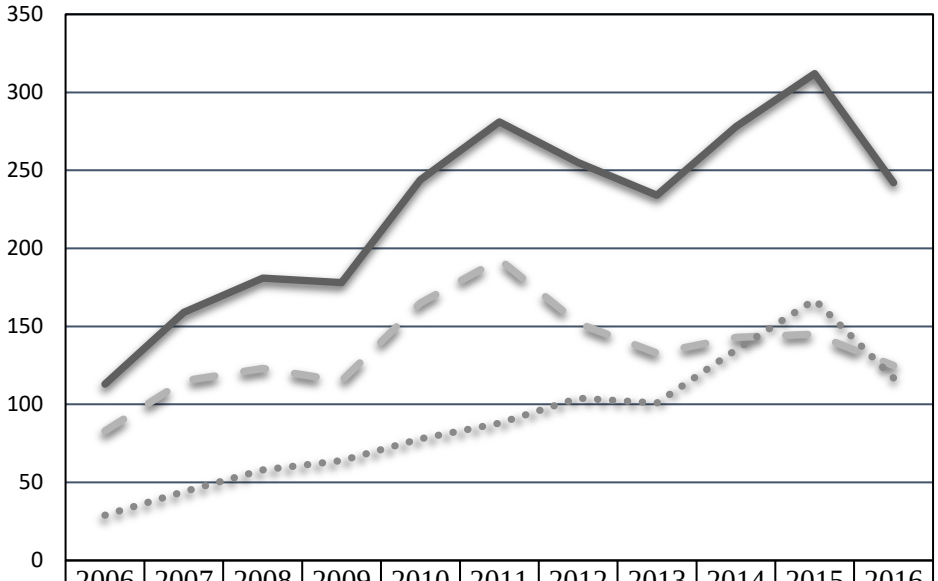
В умовах нестабільної ситуації в країні, економічної та енергетичної кризи, впровадження та збільшення кількості енергії добутої за рахунок ВДЕ вирішує проблеми екологічного, соціального, енергетичного характеру та енергобезпеки країни в цілому. Деякі об’єкти використовують енергію, яка виробляється за багато кілометрів від місця споживання, що підвищує вразливість як самої системи в цілому, так і окремих її об’єктів. У цьому питанні генерація енергії за рахунок ВДЕ є доцільним рішенням. Причина полягає в тому, що виробництво енергії за рахунок ВДЕ може бути розташоване біля кінцевого споживача, що значно зменшує витрати на транспортування.

Розвиток енергетичного ринку на користь ВДЕ має відображатись у таких показниках, як співвідношення кількості ВДЕ до ВВП на душу населення (грошовий вимір), кількості ВДЕ до загальної кількості виробленої енергії (тон

умовного палива) та потенційний об’єм енергії, який можливо отримати в країні (регіоні) за рахунок ВДЕ. Відновлювальні джерела можуть суттєво зменшити залежність як від певної невідновлювальної сировини, так і від зовнішніх постачальників, що збільшить загальний рівень енергетичної безпеки країни та регіону.

1.2. Економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії в порівнянні з іншими джерелами енергії

Викладений в роботі аналіз зарубіжного досвіду впровадження ВДЕ представлений у дослідженнях розміру інвестицій до сектору ВДЕ, розміру введеного в експлуатацію обладнання ВДЕ та мотиваційні механізми, які стимулюють інвестування та впровадження ВДЕ. У розвитку технологій та використанні ВДЕ зацікавлені як розвинуті країни, так і ті, що розвиваються, про що свідчить рис. 1.5 (Sawin, 2017, 2005).



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Світові інвестиції у ВДЕ, млрд. долларів США	113	159	181	178	244	281	255	234	278	312	242
Розвинуті країни, млрд. долларів США	83	115	123	115	165	193	152	133	143	145	125
Країни що розвиваються, млрд. долларів США	29	44	58	64	78	88	104	101	135	167	117

Рисунок 1.5 – Інвестиції до сектору ВЕ (Sawin, 2017)

На рисунку 1.5 статистичні дані представлені компанією Bloomberg New Energy Finance (BNEF), які включають:

– проекти з виробництва біомаси, геотермальної та вітроенергетики (потужністю більше 1 МВт);

– гідропроекти (від 1 до 50 МВт);

– проекти сонячної енергетики, (не враховуючи ті, що мають потужність менше, ніж 1 МВт і називаються малими проектами);

– океанські енергетичні проекти;

– проекти з біопалива (з річною виробничою потужністю 1 млн. літрів і більше).

За останні 10 років обсяг інвестицій до сектору ВДЕ зріс більше, ніж у два рази. Ця тенденція підтримувалась під час світової кризи та підтримується по сьогоднішній день.

Систему мотивації, що діє в ЄС, метою якої є збільшення обсягів впровадження ВДЕ в загальну систему виробництва електроенергії, можна розділити на три складові:

1. Пільгові тарифи;
2. Премії;
3. Обов’язкова квота на споживання електроенергії з ВДЕ з торгівлею «зеленими» сертифікатами (Курбатова, 2015).

Пільгові тарифи – це тарифи, які є вищі за ринкові за якими закуповується електрична енергія, отримана за рахунок ВДЕ. Пільговий тариф умовно поділяється на фіксований, регресивний та регульований (Курбатова, 2015).

Премія – це певна гарантована премія до загально-ринкової ціни. Таким чином, незалежно від коливань ринкової ціни продаж електричної енергії, отриманої за рахунок ВДЕ, є економічно привабливим (Курбатова, 2015).

Обов’язкова квота на споживання стимулює не ціновими факторами, а орієнтована на кількість ВЕ в загальній енергетичній системі. Принцип цього підходу ґрунтується на директивному підході. Наприклад, країна виставляє вимогу, що до відсотку ВДЕ в загальній системі, і реалізує цю директиву. Виробник енергії,

чи енергопостачальні підприємства, або кінцеві споживачі, мають виконувати цю вимогу (Курбатова, 2015).

В Україні використовують пільговий тариф, який має назву «зелений тариф», причому він є фіксованим відносно євро, проте, за рахунок коливання курсу він постійно переглядається. Кінцевий розрахунок вартості за ЗТ розраховується за формулою:

$$ЗТ = Р \bullet Т \bullet К_i, \quad (1.1)$$

де ЗТ – розмір ЗТ, який має бути виплачений постачальнику енергії за рахунок ВДЕ (грн); Р – кількість виробленої електроенергії за рахунок ВДЕ, яка була відпущена до загальної електромережі за ЗТ (кВт • год); Т – встановлений (фіксований) розмір ЗТ (грн/кВт • год); К – коефіцієнт, встановлений для об'єктів введених в експлуатацію, відповідно до Закону України «Про електроенергетику»; *і* – вид джерела ВЕ та рік впровадження обладнання.

Схожий мотиваційний механізм фіксованого пільгового тарифу використовується в Німеччині та Португалії.

Подібні мотиваційні механізми використовуються у більшості розвинених країнах та тих, що розвиваються (Sawin, 2017). Це підвищує інтерес до цього напряму приватних підприємств. Підвищення привабливості використання ВДЕ обумовлено рядом факторів:

1. Зменшення деструктивного впливу на НС у порівнянні з традиційними джерелами енергії (більшість енергії виробляється за рахунок ТЕЦ, ТЕС, АЕС);

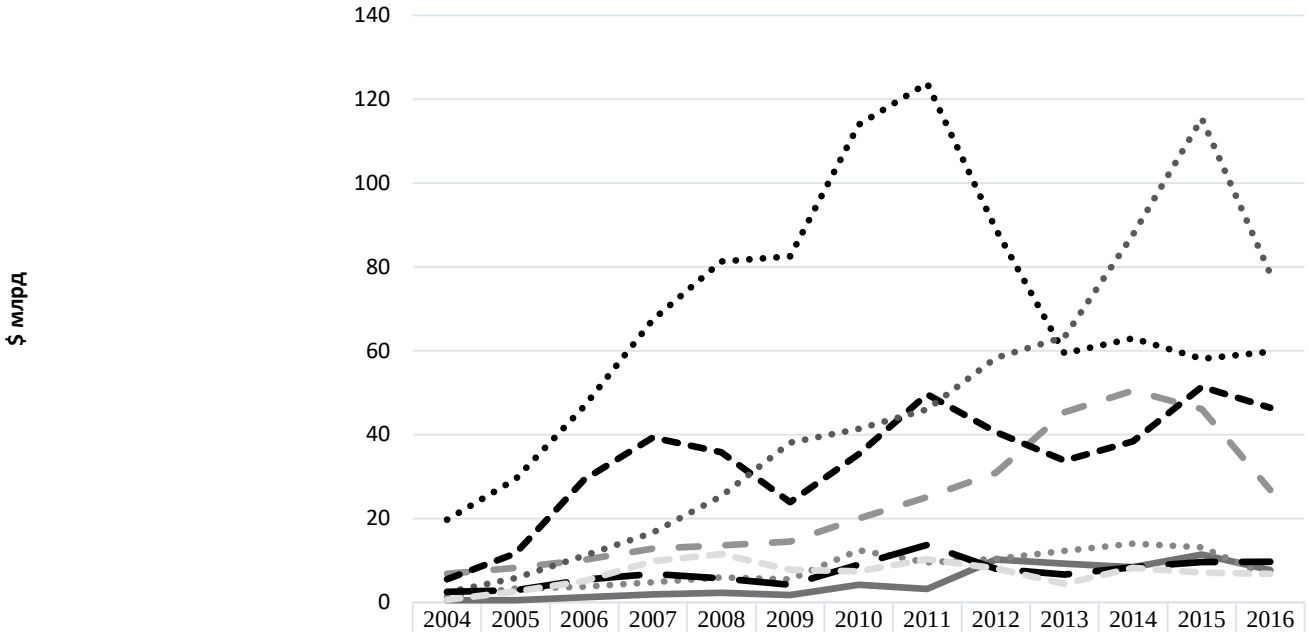
2. Вичерпність та обмеженість енергетичних ресурсів, обсяг яких зменшується, а вартість збільшується;

3. Залежність від традиційних (вичерпних енергоресурсів) в загальній структурі енергетичного виробництва знижує енергетичну та економічну безпеку країни;

4. Зменшення логістичних витрат на транспортування енергії до споживачів від місць виробництва енергії;

5. Постійний розвиток технологій, який призводить до зменшення вартості відновлювальної енергетики, при цьому ККД виробництва збільшується.

Більшість країн світу інвестує в сектор ВЕ, але робить це повільно в порівнянні з великими «гравцями». Країн, які здійснюють значний вклад в сукупні інвестиції в сектор ВЕ – не так багато. Це в першу чергу Китай, США та Німеччина. Саме ці країни є лідерами з енергії, отриманої за рахунок ВДЕ, а також являють собою країни з передовими технологіями сектору ВЕ. Більшості країн світу важко перетнути межу капітальних витрат на ВЕ в розмірі 10 млрд. долл. США, рис. 1.6.



	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Африка та ближній захід	0,5	0,5	1,2	1,9	2,3	1,7	4,2	3,2	10,2	9,2	8,4	11,4	7,7
Південна та північні Америки	1,4	3,3	3,7	4,8	5,9	5,5	12,4	9,5	10,4	12,3	14	13,1	6,1
Азія та Океанія	6,8	8,2	10,1	12,8	13,6	14,5	20	25,1	30,9	45,3	50,5	46,1	26,8
Европа	19,7	29,4	46,8	67,4	81,3	82,5	113,9	123,8	88,9	59,4	63	58,1	59,8
США	5,5	11,7	29,3	39,3	35,8	23,9	35,3	49,6	40,6	33,8	38,4	51,4	46,4
Китай	2,4	5,8	11,1	16,6	25,3	38,1	41,4	46	58,3	63,3	87,7	115,4	78,3
Індія	2,5	2,9	5,4	6,8	5,7	4,2	9	13,7	8	6,6	8,4	9,6	9,7
Бразилія	0,6	2,6	5,1	9,8	11,5	7,8	7,4	10,3	8,1	4,4	8,2	7,1	6,8

Рисунок 1.6 – Інвестиції у ВДЕ у світі, млрд долларів США (Sawin, 2017)

Аналізуючи інвестиції до сектору ВДЕ, неможливо оминути увагою показник введених в експлуатації потужностей ВЕ. Виходячи з даних міжнародного звіту з ВЕ (Sawin, 2017), найбільша частка виробленої енергії належить великим гідроелектростанціям (ГЕС), проте, приріст потужності сонячних електростанцій

(СЕС) вказує на потенційну зміну енергетичної структури на користь сонячної енергії, рис. 1.7.

Приріст виробленої енергії за рахунок ВДЕ зазнавав значних змін за останні роки. У 2004 році за рахунок вітрової енергії вироблялось приблизно 48 ГВт, за рахунок біомаси – 39 ГВт енергії, а сонячні електростанції (СЕС) – 4 ГВт. У свою чергу в 2004 році за рахунок ГЕС вироблялось 781 ГВт. Загальна кількість виробленої електричної енергії складала приблизно 3 800 ГВт, з яких за рахунок ВДЕ було вироблено 160 ГВт, що складає 4,2% (Sawin, 2005). Проте вже в 2016 році загальний обсяг вироблення енергії ВЕС, СЕС і іншими ВДЕ майже зрівнявся з ГЕС у світі. За такими темпами приросту вже в 2018 році за потужністю ГЕС зрівняються з сумою всіх інших ВДЕ.

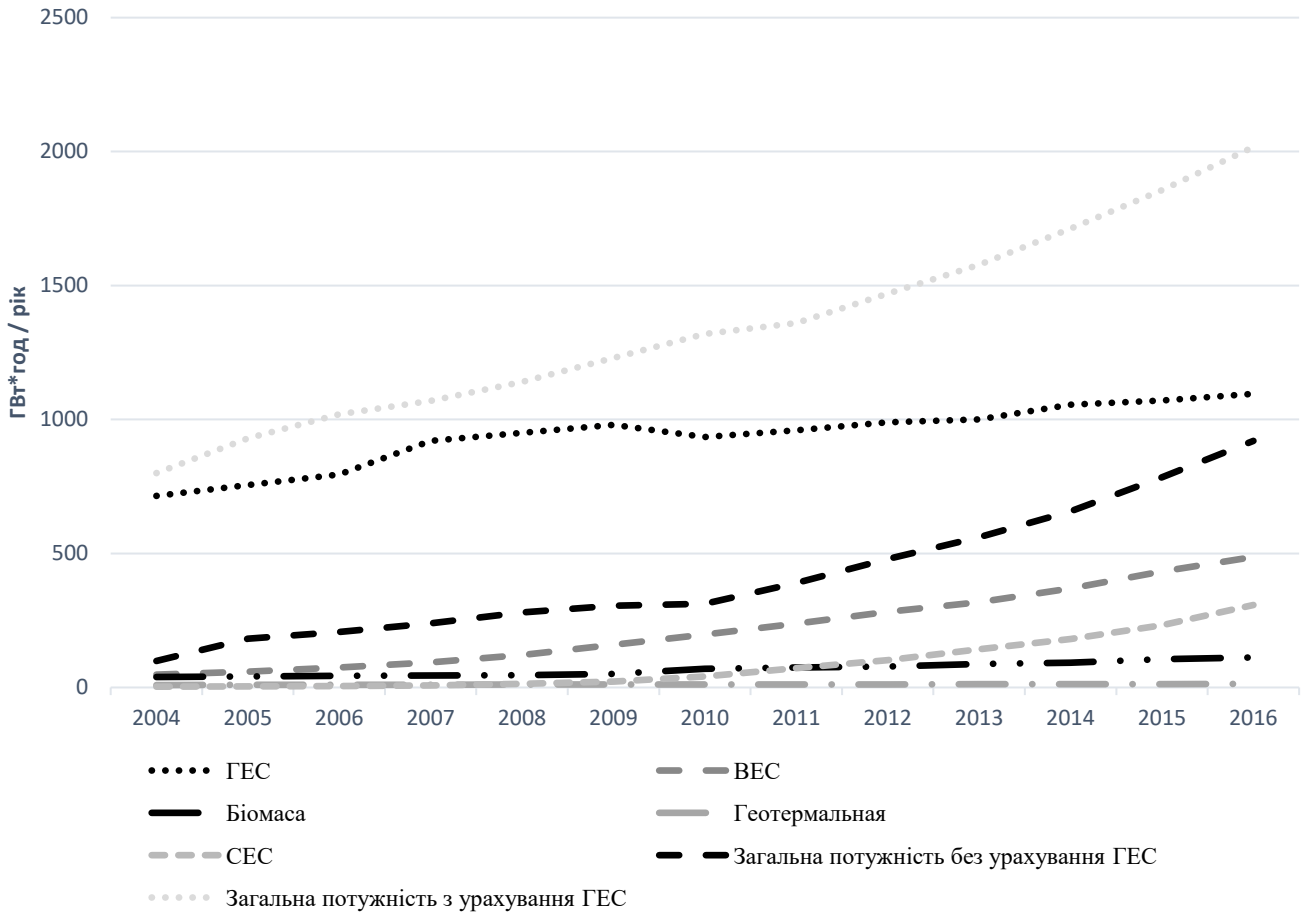


Рисунок 1.7 – Приріст виробленої енергії за рахунок ВДЕ у світі, ГВт∗год за рік (Lins, 2014; Sawin, 2015, 2016, 2017)

Повільний приріст нових потужностей ГЕС обумовлено тим, що впровадження МГЕС займає більшу за довжиною берегову лінію, а це у свою чергу підвищує складність їх обслуговування. Будування великих (греблявих) ГЕС потребує великої кількості фінансових та земельних ресурсів, а також має великий рівень впливу на екологічну систему. Побудова греблі для ГЕС та мінімізація впливу на НС – досить складне завдання і його вирішення потребує чітко вивірених кроків для реалізації, що у свою чергу призводить до великої кількості витраченого часу.

СЕС в цьому питанні є зручнішими, бо можуть бути розташовані на дахах будівель міста та на будь-яких ділянках рівнинного типу. Кількість отриманої енергії за рахунок СЕС визначається лише кількістю сонячних днів і має умовно прогнозовані значення. Ще одним фактором на користь СЕС служить порівняна легкість в обслуговуванні та постійний розвиток технологій фото-елементів, які уловлюють сонячне випромінювання, що робить ці технології, по-перше, дешевшими, по-друге – більш продуктивними. Гарним прикладом може слугувати Німеччина, яка займає провідну позицію серед країн Європи та, згідно з всесвітнім звітом ВДЕ за 2016 рік, займає третє місце серед країн світу, поступившись першим місцем Китаю та Японії (Sawin, 2017). Слід зауважити, що це дуже вагомі показники, якщо порівняти кількість сонячного випромінювання в цих країнах з іншими країнами світу. Відповідно до карт потужності сонячного випромінювання країни Африки, Саудівська Аравія, Йомен, ОАЕ, Чилі, Мексика, Оман та інші мають значно більший потенціал впровадження СЕС (Solargis), але жодна з цих країн не входить до країн-лідерів за виробництвом чи впровадженням СЕС (Sawin, 2017).

Інтегрування СЕС у містах здатне задовольнити потребу в енергії більше ніж на 60% від загальної потреби, за розрахунками М. Амадо (Amado, 2014) та Дж. Хофіерка (Hofierka, 2009). Якщо враховувати лише дахи максимально придатних будівель, то цей показник становитиме 19,7–31,1% щоденного споживання та від 47,7 до 94,1% від ринкової пікової потужності в енергосистемі, на прикладі м. Мумбаї в Індії (Singh, 2015).

Згідно з дослідженням Д. Додмен (Dodman, 2009), у містах споживається приблизно 75% енергії, виробленої в усьому світі. Генерування інтегрованої в місцеву мережу енергії на місцях споживання може істотно сприяти екологічним, економічним та соціальним аспектам еколого-орієнтованого розвитку міст. А. Аділь (Adil, 2016) виділяв чотири характерні переваги подібних розподілених енергетичних систем:

1. Значне зменшення викидів вуглецю до атмосфери;
2. Компенсування капіталовкладень для модернізації мереж;
3. Надання місцеву енергетичну незалежність та безпеку мережі;
4. Мотивація, популяризація соціального капіталу та згуртованості населення (Adil, 2016).

За розрахунками З. Ванга (Wang, 2015), на опалення припадає до 50% світового попиту на енергію. Його дослідження спрямовані на забезпечення потреб у гарячій воді і він пропонує системи сонячної гарячої води (solar hot-water systems). Теплова енергія таких систем (до 240 Вт/м^2) вища за енергію сонячних колекторів (solar heat collectors) (67 Вт/м^2) (V. Smil, 2015). Вартість водонагрівачів є досить помірною і китайський дослідник Вєі довів, що 84% міських домогосподарств у Китаї можуть встановити собі автономну систему водонагрівачів (Wei, 2014).

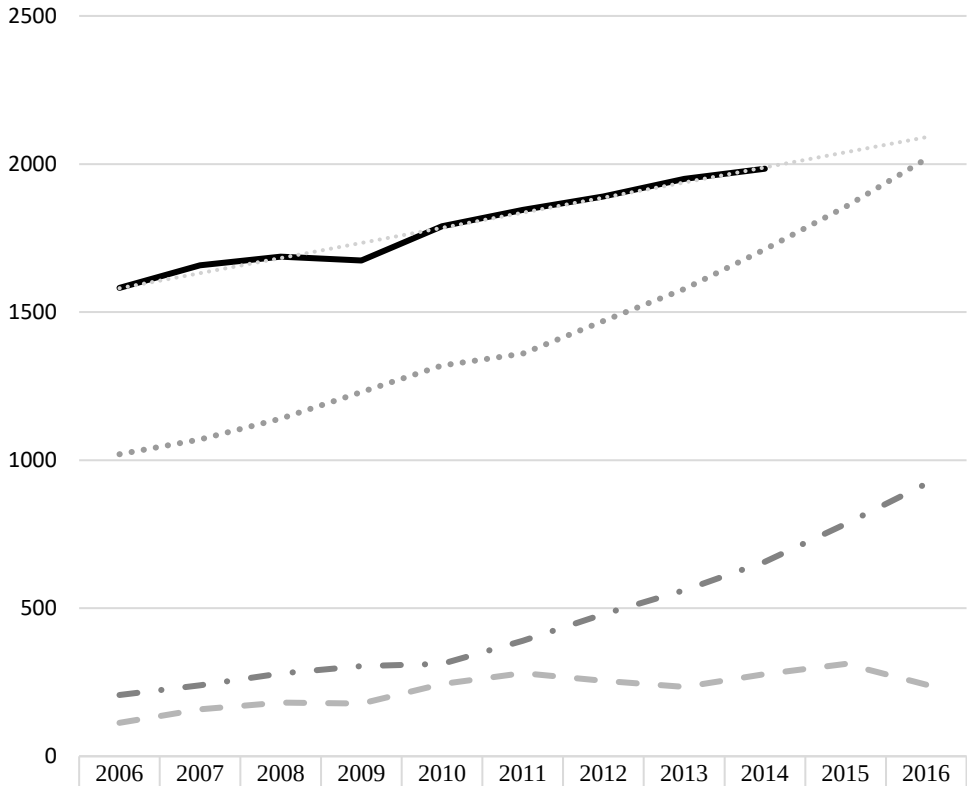
Технологію сезонного зберігання сонячної теплової енергії, базується на принципі зберігання надлишку теплової енергії в літній період для задоволення потреб в теплі в зимовий період (Kammen, 2016), здатна задовольнити 90% загальних потреб великого житлового будинку (Terziotti, 2012).

Об’єми інвестицій у сектор ВЕ у світі, мають позитивну динаміку, починаючи з 2004 року, рис. 1.8, навіть під час всесвітньої кризи 2008–2009 років, яка розпочалась з ринку нерухомості США (Sawin, 2017). Інвестиції до сектору ВДЕ майже не змінились та залишились на тому самому рівні – 3 млрд. долл. США в 2009 році відносно показника 2008 року, а вже наступного року приріст склав 66 млрд. долл. США.

Хоча інвестиції до сектору ВДЕ мають певні коливання, показник суми введеної потужності за рахунок ВДЕ має стрімкий приріст, починаючи з 2010 року.

Це обумовлено удосконаленням технологій, які використовуються при встановленні нових потужностей та дослідженням у цьому напрямку. Так, наприклад, за період 2010–2015 роки вартість встановлення СЕС знизилась на 50% (Orr, 2015). Таке падіння вартості стало можливим завдяки постійним розвитком технологій.

Ф. Амрі (Amri, 2016) шукав та вивчав взаємозв'язки між прямими інвестиціями, які були направлені на вироблення енергії як за рахунок ВДЕ, так і невідновлювальних. Також у його дослідженні порівнювались три групи країн (всі країни світу; розвинуті країни; країни, що розвиваються) за період 1990 – 2010 років. Для цих груп країн аналізувались дві категорії енергії: відновлювальна та невідновлювальна (Amri, 2016).



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Загальна потужність не враховуючи ГЕС (GW)	207	240	280	305	312	390	480	560,5	657,2	784,7	920,3
Загальна потужність враховуючи ГЕС (GW)	1020	1070	1140	1230	1320	1360	1470	1578	1712	1856	2017
Загальні інвестиції (млрд. $)	113	159	181	178	244	281	255	234	278	312	242
Світове споживання електроенергії (млн. тон ум. п.)	1582	1658	1688	1675	1790	1845	1890	1950	1984		

Рисунок 1.8 – Інвестиції до ВДЕ відносно загальної потужності ВДЕ (Sawin, 2017 IEA, 2016)

Ф. Амрі (Amri, 2016) зробив декілька висновків зі свого дослідження. По-перше, розвиток ВДЕ призводить до економічного зростання. По-друге, взаємозалежність між ВДЕ та економічним зростанням означає, що розвиток ринку ВЕ має позитивний вплив на виробництво.

Було виявлено, що пряме іноземне інвестування підвищує споживання саме невідновлювальних джерел. Також, у більшості країн можна прослідкувати взаємозалежність між розвитком ВЕ та прямими інвестиціями. Це означає, що відновлювана енергетика має життєво важливу роль для залучення прямих іноземних інвестицій (Amri, 2016).

У дослідженні М. Бгаттацгаріа (Bhattacharya, 2016) умовно поділяє 38 країн на три групи на основі аналізу взаємозв'язків між економічним зростанням та відновлювальними і невідновлювальними джерелами енергії за період з 1991 по 2012 роки.

До першої групи країн увійшли Австрія, Болгарія, Велика Британія, Греція, Данія, Італія, Канада, Китай, Кенія, Марокко, Нідерланди, Німеччина, Норвегія, Перу, Польща, Португалія, Республіка Корея, Румунія, Чилі, Чеська Республіка, Фінляндія, Франція. Для першої групи країн важливим фактором економічного зростання виступали ВДЕ. Як згадувалось раніше, більшість країн підтримує розвиток ВЕ на політичному та законодавчому рівнях. Прикладом таких документів є закон про відновлювальні джерела енергії в Китаї (2007), Директива ЕС 2009/28/ЕС про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел (2009) та інші для кожної з країн. Розвиток ВДЕ у світі призводить не лише до економічного зростання, а і створює нові робочі місця. На кінець 2016 року загальна кількість робочих місць у світі сягнула 9,8 млн. (Sawin, 2017).

У другій групі країн за М. Бгаттацгаріа (Bhattacharya, 2016) спостерігається ситуація, коли впровадження ВДЕ співпадає з погіршенням розвитку економічних показників за період, що досліджувався. До цієї групи увійшли: США, Індія, Ізраїль та Україна. Всі країни цієї групи об'єднує велика залежність від невідновлювальних джерел енергії. Так, наприклад, Індійський енергетичний

сектор складається переважно з використання вугілля (69%) і лише на 12% припадає на гідроенергію. На українському ринку електроенергії понад 80% виробляється за рахунок вичерпних енергоресурсів (НКРЕКП).

У США на частку природного газу та вугілля припадає 67% (Bhattacharya, 2016; Dogan, 2017; World Bank Data Base). США є однією з країн-лідерів за інвестиціями до сектору ВДЕ і введеними в експлуатацію потужностями та відіграє значну роль на світовій арені та міжнародних ринках.

Наступні одинадцять країн увійшли у третю групу: Австралія, Бельгія, Бразилія, Ірландія, Японія, Мексика, Словенія, Південна Африка, Швеція, Таїланд та Туреччина. Для цієї групи країн ВДЕ не є перешкодою чи рушійною силою для економічного зростання. М. Батачара (Bhattacharya, 2016) пояснює цю ситуацію неефективним використанням ВДЕ у виробничому процесі. Для отримання позитивного ефекту від впровадження ВДЕ країнам третьої групи рекомендовано зосередитись на збільшенні інвестицій до сектору ВЕ та усунути бар'єри або перешкоди у впровадженні ВДЕ. Австралія у своїх цілях ВДЕ (Sawin, 2018) ставить за мету в 2020 році виробляти 33 000 ГВт енергії, що дорівнює приблизно 23,5% загального енергопостачання Австралії.

В Україні з фінансової точки зору важливими інструментами для реалізації таких цілей є встановлення квот, податкових та кредитних пільг, запровадження мотивуючих тарифів. Такі важелі досить розповсюджені і підвищують інвестиційну привабливість галузі. Наприклад, Постанова КМУ №912 від 23 листопада 2016 року встановлює орендну ставку за використання державного майна в зоні відчуження з коефіцієнтом 0,15 (2016). Метою цієї постанови було привернути увагу місцевих та міжнародних інвесторів до використання зони відчуження як велику електростанцію для отримання енергії за рахунок ВДЕ. Результатом кроків у напряму розвитку ВДЕ в Україні були понад 60 заявок на участь у відкритому тендері. Даний приклад демонструє швидку реакцію ринку на покращення умов розвитку галузі ВЕ. Такі заходи дозволять використовувати тимчасово незадіяні ділянки для збільшення обсягів виробництва енергії за рахунок

ВДЕ. Богато країн світу, до яких входить і Україна, визначили цілі розвитку ВЕ, про що свідчить приняті міжнародні та державні документи, Додаток А.

Збільшення об'ємів виробленої енергії за рахунок ВДЕ це один з двох основних напрямів розвитку економіки, другим напрямом є зменшення використання енергії на вироблення одиниці продукції, тобто енергоємність. У 2005 році енергоємність ВВП в Україні склала 0,45 (т у.п./1000 дол.), у 2010 році – 0,47 (т у.п./1000 дол.), а в 2012 році – 0,36 (Мазур, 2012). У той самий час цей показник у більш розвинених країнах є набагато меншим, табл. 1.6.

Таблиця 1.6

Середні показники енергоємності за країнами, т.у.п./1 000 дол. США (Бараннік, 2015)

Країна	Енергоємність ВВП							
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Велика Британія	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
Канада	0,24	0,23	0,23	0,22	0,22	0,21	0,20	0,19
Китай	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,26	0,27	0,22
Німеччина	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11
США	0,19	0,18	0,18	0,18	0,17	0,17	0,17	0,15
Україна	0,45	0,40	0,36	0,36	0,36	0,47	0,43	0,36
Швеція	0,16	0,15	0,15	0,15	0,14	0,16	0,15	0,15
Японія	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,11
Світ	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,19	0,19	0,16

У порівнянні з іншими країнами Україна має значну проблему в питанні енергоефективності. Така проблема виникла за рахунок багатьох факторів, одним з яких є вартість енергії. В Україні дешева енергія, тому населення не зацікавлене в раціональному використанні енергетичних ресурсів. Підвищення вартості енергії матиме наслідки у вигляді підвищення енергоефективності з метою зменшення власних витрат. Як згадувалось раніше, це призведе до потужного ривку у виробництві та економіці (Khazzoom, 1980; Jevons, 1866).

Для досягнення цілі оптимізації енергоємності стає необхідним оптимізувати структуру енерговиробництва та враховувати її вплив на показники енергоємності

під час розвитку енергетичного сектору. За даними Світового Банку (World Bank database) основним джерелом енергії у світі є вичерпні ресурси. Обсяг щорічного приросту потреб в електричній енергії не можна повністю задовольнити одним джерелом енергії, з цієї причини абсолютні значення обсягів виробництва електричної енергії збільшуються. Водночас слід додати, що відносне значення ВДЕ збільшується, а обсяги енергії виробленої за рахунок вичерпних ресурсів – зменшується, що свідчить про те, що ВДЕ задовольняють більшу частину щорічного приросту потреб в електричної енергії у світі. При більш детальному порівнянні енерговиробництва країн світу прослідковується залежність між відносною часткою ВДЕ в структурі енерговиробництва та тим наскільки країна розвинута. Тобто, в розвинутих країнах (США, Німеччина, Китай, інші країни Європи) обсяги ВДЕ мають більш стрімкі темпи приросту в порівнянні з країнами, що розвиваються (Україна). Така залежність пояснюється більшою фінансовою свободою і можливістю резидентів розвинутих країн інвестувати у ВДЕ в порівнянні з резидентами країн, що розвиваються.

Наступним етапом можливого розвитку відносин на ринку може стати спільна кооперація між країнами, або країнами та приватними підприємствами. За такою схемою виробництво енергії за рахунок ВДЕ буде впроваджуватись у великих масштабах не лише на території розвинутих країн, але і в країнах, що розвиваються. Такий підхід дозволить використати виробничі потужності більш доцільно.

Агентами запропонованої схеми за рівнем згуртованості можуть бути фізичні особи, група осіб, окремі підприємства або група підприємств, місцеві органи самоврядування та державні органи управління, міжнародні об’єднання та фонди.

Одним з можливих рішень щодо впровадження нових ВДЕ на місцевому рівні може виступати краудфандінг (crowdfunding, де «crowd» — «натовп», а «funding» — «фінансування»). Краудфандінг виник як ідея підтримки та надання фінансування для творчих проектів і особистостей та використовується для надання фінансової допомоги постраждалим, проведення соціальних акцій,

фінансування стартапів чи виробництва новітнього продукту, тощо (Васильчук, 2013a).

Краудсорсінг – це колективний вклад у вигляді знань, навичок, порад або фінансів невеликими сумами за допомогою використання інформаційно-комунікаційних технологій (Васильчук, 2013b).

Е. Васілеіадоу (Vasileiadou, 2016) звертає увагу на Нідерланди, де країна надавала слабку підтримку розвитку сектору ВДЕ, проте, завдяки краудфандінгу місцеві мешканці об'єднували власні капітали для впровадження ВДЕ для задоволення власних потреб. Таким чином краудфандінг може бути одним з інструментів забезпечення фінансування нових потужностей СЕС і МГЕС для України.

Звертаючи увагу на досвід малазійського науковця Ф. Бегроузі (Behrouzi, 2016), щодо оцінювання різних видів МГЕС, та їх потенціальної потужності, можна зробити висновок, що ряд запропонованих технологій МГЕС можуть бути впроваджені на території України, де є велика кількість глибоких річок у центральних частинах країни, а також велика кількість швидких гірських річок на заході.

Світові тенденції в розвитку та популярності впровадження ВДЕ спонукають до відповіді на запитання яким чином має проводитись повномасштабний перехід від традиційної моделі енергопостачання до систем енергетичної взаємодії за рахунок ВДЕ. На черговому міжнародному звіті з впровадження ВЕ у 2017 році був запропонований та обговорений перехід від парадигми базового навантаження до парадигми 100% ВДЕ. Така парадигма стимулює певні сфери, пов'язані з енергетичним ринком.

На перших етапах перехід на ВДЕ буде компенсувати лише пікові значення в потребах країни, зазвичай це приблизно з сьомої ранку до пів на дев'яту. Періоди зростання активності вітрової енергії припадають на нічні години, а сонячні – залежать від пори року та тривалості сонячного дня.

Подальший перехід поступово ускладняється виключенням з основної мережі виробничих потужностей, які споживають вичерпні ресурси. На першому

плані постає питання розподілу та задоволення пікових потреб, а для цього необхідним стає акумулювання надлишкової енергії в періоди зниженої потреби в енергії, її зберігання та використання під час підвищеної активності. Можливим рішенням може бути використання імпортованої енергії під час пікової активності однією країною з іншої, в якій є надлишок енергії (або період низької активності). Більшість виробничих операцій стосується саме електричної енергії, яка як високоякісна форма енергії є найбільш поширеною, легко транспортується та конвертується у потрібний вид енергії на місцях кінцевого споживання.

За умов переходу до 100% ВЕ в енергетичній системі, необхідним є електрифікація опалення, охолодження та транспортування, а одним з головних завдань – акумулювання та зберігання надлишків електричної енергії та використання їх за умов дефіциту (Sawin, 2017).

При підключенні ВДЕ до основної мережі слід враховувати інфраструктуру та максимальний і мінімальний попит («критичні точки») на енергію протягом доби та сезонів року, ефективність та регуляторні бар'єри країни. На це звертають увагу дослідники У. Десідері зі співавторами (Desideri, 2012). Підводячи підсумки щодо використання ВДЕ у світовій практиці можна виявити такі переваги:

– зменшення навантаження на НС за рахунок зменшення викидів шкідливих речовин до атмосфери та використання вичерпних енергетичних ресурсів;

– дотримання цілей сталого розвитку;

– забезпечення місцевої енергетичної незалежності та безпеки мережі;

– мотивація, популяризація соціального капіталу та згуртованості населення.

– постійний розвиток технологій, який призводить до зменшення вартості обладнання ВЕ і, водночас, підвищуючи ККД цього обладнання.

Це пов'язане із:

– деструктивним впливом на НС при сучасній структурі виробництва енергії (ТЕЦ, ТЕС, АЕС);

– вичерпністю та обмеженістю традиційних енергетичних ресурсів, обсяг яких зменшується, а вартість збільшується;

– залежністю від традиційних джерел виробництва енергії в загальній структурі енергетичного виробництва;

– значними логістичними витратами, або віддаленістю міст-споживачів від місць виробництва енергії;

Вирішення питання пошуку інвестиційних партнерів та розроблення інвестиційних сценаріїв для різних суб'єктів господарювання стає важливим завданням на шляху розвитку ВДЕ. Завдання пошуку інвестицій може бути вирішене за рахунок кооперації на різних рівнях, а саме:

– На рівні країн (міжнародному рівні), де агентами виступають країни або групи країн, політика розвитку енергетичного сектору світу/країни, об'єднання підприємств, фонди та кооперація їх ресурсів з метою реалізації власних цілей за рахунок впровадження ВДЕ.

– На регіональному рівні у вигляді окремих фізичних осіб та їх об'єднання, приватних підприємств, органів місцевої влади та регіональна політика розвитку ВЕ.

1.3. Вплив відновлювальних джерел енергії на рівень екологічної безпеки країни

Пропонуючи впровадження будь-якого джерела енергії в усіх придатних та доцільних територіях країни, слід комплексно оцінювати економічний, екологічний та інші впливи. Позитивний імідж ВДЕ сприяє залученню інвестицій та підвищує зацікавленість в них окремих суб'єктів господарювання. Проте, слід об'єктивно оцінювати наслідки використання кожного з джерел енергії. Обсяги споживання електричної енергії постійно збільшуються, що потребує постійного збільшення обсягів використання енергетичних ресурсів для задоволення цих потреб. Наприклад, у 1971 році загальний обсяг кінцевого споживання енергетичних ресурсів у світі, який включав вугілля, нафту, природний газ,

біопаливо та електроенергію, приблизно дорівнював 4 000 млн. тон умовного палива. Цей показник у 1993 році перевищив відмітку в 6 000 млн. тон умовного палива, а в 2016 році – перевищив 9 000 млн. тон (World Energy Investment, 2018).

За даними міжнародної статистки (World Energy Investment, 2018) за 2016 рік електростанції у світі спожили енергетичних ресурсів загальним обсягом у 3 901,5 млн тон умовного палива. За умов лінійного зростання обсягів використання енергетичних ресурсів електростанціями за період 1973 – 2016 рр. приріст становить 62,31 млн. тон умовного палива щороку, табл 1.7.

Таблиця 1.7

Обсяги споживання енергетичних ресурсів електростанціями, млн. тон у.п. (World Energy Investment, 2018)

Рік	Вугілля	Сира нафта	Нафто-продукти	Природний газ	Атомна сировина	Водні рес-си	Біопаливо та використання відходів	**Усього**
2016	1 672,04	40,48	178,55	868,18	672,06	349,22	120,97	3 901,50
1973	555,56	22,91	318,13	160,04	52,94	110,29	2,21	1 222,08

Велика кількість вітчизняних та зарубіжних дослідників приділяли увагу питанню наслідків, ефекту, ефективності та кореляції з іншими показниками розвитку країн при впровадженні ВДЕ. Дана проблематика висвітлена в роботах таких дослідників як: Л. Мельник (2004), Н. Шеікг (Sheikh, 2016), У. Аль-Фарук (Al-faruq, 2016), А. Еванс (Evans, 2009), С. Шафіеі (Shafiei, 2014), Менегакі (Menegaki, 2011), Чоу та інші (Cho 2015).

Л. Мельник описує показник збиткоємності, який характеризує еколого-економічну ефективність економічних процесів (Мельник, 2004). Збиткоємність може бути розрахована для енергетичного продукту, що визначається відношенням еколого-економічних збитків до результату. Використовуючи традиційний підхід до збиткоємності у роботі з ВДЕ виникає протиріччя, тому що частка еколого-економічного збитку від ВДЕ не буде врахована. Це обумовлено тим, що екодиструктивний вплив на НС виникає на етапах виробництва, експлуатації та утилізації обладнання ВДЕ, в той час як традиційний підхід до збиткоємності

враховує лише збиток, отриманий на етапі експлуатації. Для врахування наслідків використання ВДЕ пропонується визначення «еколого-економічної збиткоємності відновлювальних джерел енергії» як економічне оцінюваннянегативних екологічних наслідків використання відновлювальних джерел енергії за етапами виробництва, експлуатації та утилізації засобів виробництва енергії після закінчення терміну їх служби, а також компенсації можливих хеекономічних збитків спорідненим стейкхолдера з розрахунку на одиницю виробленої енергії..

Питання оцінки факторів впливу на розвиток ВДЕ досліджував Н. Шеікг (Sheikh, 2016), який у своїх працях оцінював дві групи факторів: соціально-політичних. За характером опису їх можна назвати обмеженнями. До соціально-політичних факторів Шеікг відносить чотири групи критеріїв: громадське сприйняття, зайнятість, здоров'я та безпека, і розвиток місцевої інфраструктури. Ці критерії враховують відношення громадськості до ВДЕ, його вплив на життя людей, які знаходяться в зоні можливого прямого впливу ВДЕ.

Підтвердженням доречності застосування цієї моделі може слугувати приклад острову Сумба, Індонезія, де ВДЕ допомогло місцевим мешканцям підвищити економічний стан регіону за рахунок продажу надлишкової енергії отриманої за рахунок ВДЕ в державну енергетичну систему за пільговим тарифом. Це дозволило повторно інвестувати кошти на потреби місцевої громади. Проведений аналіз підтверджує, що технології ВДЕ дають багато чистої, дешевої та безпечної енергії, а також позитивно впливають на розвиток регіону і місцевої громади (Al-faruq, 2016).

До політичних обмежень за моделлю Шеікг (Sheikh, 2016) віднесено шість основних критеріїв, які враховують різні аспекти відношення країни до ВДЕ: політика та рівень регулювання енергетичних ринків, публічна та державна структура науково-дослідних робіт, відповідність місцевим та міжнародним стандартам, сприйняття або позиція комунальних об'єднань та безпека (стабільність). Варто зазначити відсутність екологічних факторів у наведеній концепції, що значно звужує розуміння можливих наслідків упровадження ВДЕ.

Більшість досліджень стосовно наслідків упровадження ВДЕ стосується економічного ефекту (Fang, 2011; Tiwari, 2011), кореляції економічних показників із кількістю впроваджених ВДЕ (Apergis & Payne, 2014; Menegaki, 2011) та перспектив їх використання (Al-mulali, 2013; Evans, 2009). Це можна пояснити причиною матеріалізації наслідків. Економічні показники мають прямий вплив безпосередньо на кожного окремого суб'єкта, та чіткій, вимірюваний ефект у грошових одиницях, який може бути озвучений та зрозумілий кожному мешканцю. Наприклад, вартість одиниці використаної електроенергії за рахунок централізованого (традиційного) енергопостачання, з одного боку, та вартість електроенергії при використанні індивідуальної (автономної) системи, яка ґрунтується на використання ВДЕ.

Матеріалізація прибутку та видатків необхідна для оцінки економічної доцільності використання ВДЕ. Варто зауважити, що більшість індивідуальних користувачів у першу чергу оцінюють саме економічність та доцільність використання тих чи інших енергозберігаючих технологій, а екологічні фактори мають незначний вплив на їх загальний висновок.

Вплив ВДЕ на НС – розтягнуте у часі і призводить до змін різного типу, одні з яких – помітні, а інші є непомітними одразу, але мають великий вплив на соціум. За визначенням еколого-економічний вплив – це грошова оцінка зміни екологічних параметрів НС, що відбуваються під впливом суспільного виробництва. Він може бути як позитивним (прибуток), так і негативним (збитки) (Никитина, 2010; Павленко, 2007).

Загальна думка стосовно ВДЕ базується на аксіомі, що енергія отримана за рахунок ВДЕ є чистою, а широкомасштабне її використання призведе до зменшення викидів CO_2 та антропогенного впливу на НС. З цього приводу Філіпсен (Phylipsen, 1995) пропонує оцінювати весь цикл виробництва продукції та її елементів, а також враховувати вплив відходів основного виробництва на НС.

Такі дослідження було проведено Л. Склеіснером (Schleisner, 2000) та Г. Стевартом (Stewart, 2007), які були спрямовані на оцінку впливу вітрової енергії на мігруючих птахів.

Також за цим методом А. Еванс (Evans, 2009) оцінювала кількість викидів CO_2 при виробництві 1 КВт енергії, табл. 1.8. Дані таблиці є усередненими і в різних країнах можуть мати відхилення при табличних значеннях. Розбіжність показників при порівнянні викопних копалин з ВДЕ вражає, проте, незважаючи на малу кількість викидів, їх слід ураховувати при оцінці загального ефекту від упровадження ВДЕ. Джерелом з найменшими за обсягом викидами СО2 до атмосфери серед ВДЕ є вітрова енергія, яка має показник в 25 г CO_2 /1 КВт потужності, що в 40 разів менше за викиди CO_2 від вугілля.

Цей метод має певні недоліки у своїх розрахунках, як зазначає Ганьон та співавтори (Gagnon, 2002). Вони звертають увагу на той факт, що цей метод не враховує подвійний ефект від гідроелектростанцій або фактор надійності електропостачання.

Таблиця 1.8

Ціна та кількість викидів CO_2 при виробництві електроенергії за різними видами джерел енергетичних ресурсів (Gagnon, 2002).

Вид електростанції	Долл. США/кВт • год	гр CO_2 /кВт • год
СЕС	0,24	90
ВЕС	0,07	25
МГЕС	0,05	41
Геотермальна електростанція	0,07	170
ТЕЦ (вугілля)	0,042	1004
ТЕЦ (газ)	0,048	543

Стосовно гідроелектростанцій важливо звернути увагу на фактор поверхневого випаровування води на водосховищах при роботі МГЕС. Складно врахувати ці втрати води, бо їх величина значно варіюється залежно від розміру греблі, об’єму на квадратний метр та температури НС, як зазначає Інхейбер (Inhaber, 2004). Ще складніше врахувати випаровування за відсутності греблі для їх порівняння, адже ця вода все одно випаровується з річок та озер з природних причин. Як і у випадку з усіма методами аналізу, існує також складність привласнення повної вартості для більш гнучких варіантів генерації (Chapman, 1996; Evans, 2009).

Інхейбер (Inhaber, 2004) у своїх публікаціях звертають увагу на використання води для функціонування різних видів ВДЕ. Вони підкреслюють складність отримання достовірних даних щодо вилучення води (взята вода, потім повернена в обіг) та спожитої води (вода вилучена з обігу), табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Потреби у воді різних видів джерел енергетичних ресурсів (Inhaber, 2004)

Джерело енергії	Витрати води л/кВт • год
СЕС	10
ВЕС	1
МГЕС	36
Геотермальна енергія	12–300
ТЕЦ (Вугілля)	78
ТЕЦ (Газ)	78

Вода також споживається у виробництві фотоелектричних модулів та вітрових турбін, проте, мало використовується під час експлуатації та технічного обслуговування, що дає дуже низький рівень споживання води в ЖЦ. Але важливо додати, що сонячні батареї вимагають більших об’ємів води за умов більш спекотного клімату та потужної сонячної радіації.

На нашу думку, оцінка впровадження ВДЕ має будуватись на його потенційному впливі на НС. Слід зазначити, що в даному дослідженні основна увага приділяється саме тим видам ВДЕ, які мають потенційну можливість використання на території України.

Першими пропонується розглянути СЕС. Саме СЕС мають найбільший темп росту введених в експлуатацію потужностей у світі. Завдяки сучасним технологіям пропонується використовувати енергію сонячного випромінювання як альтернативу викопному паливу. Дані технології можуть бути використані як для задоволення побутових потреб (індивідуального використання), так і у виробничих масштабах. Пряма конверсія сонячної радіації в енергоресурси може бути досягнута багатьма способами. До основних видів СЕС відносять сонячну архітектуру, сонячні теплові системи та фотоелектрику.

Типова схема підключення та використання СЕС зображена для індивідуальних користувачів та виробничого масштабу на рисунку 1.9. Така схема є типовою і використовує лічильники, які враховують як спожиту електроенергію, яку отримано від традиційного постачальника, так і надлишок електроенергії, який продано до загальної енергетичної мережі. Умовно використання СЕС можна поділити на дві групи: індивідуальне забезпечення та системи широкомасштабного виробництва енергії, до яких ми віднесли невеликі СЕС (на даху будівель, на власній території) для задоволення власних потреб. До систем широкомасштабного виробництва відносяться великі «поля» сонячних панелей, метою яких є продаж виробленої енергії за пільговим тарифом у загальну енергетичну мережу та отримання прибутку.

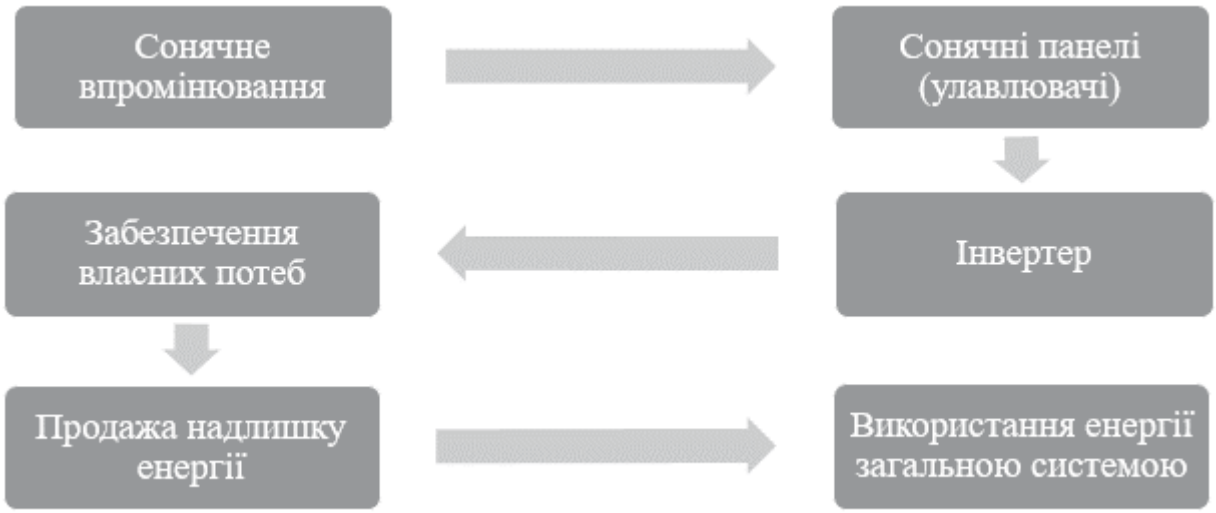


Рисунок 1.9 – Схема роботи СЕС

У своїх публікаціях Т. Тсоутсос (Tsoutsos, 2005) звертає увагу на соціально-економічні переваги експлуатації СЕС:

1. Підвищення регіональної та національної енергетичної незалежності;
2. Забезпечення значних можливостей роботи;
3. Диверсифікація та безпека енергопостачання;
4. Підтримка дерегуляції енергетичних ринків;

5. Прискорення електрифікації сільських районів у країнах, що розвиваються.

Наслідками застосування СЕС для НС є:

1. Скорочення викидів парникових токсичних газів та запобігання викидам;
2. Відновлення деградованої землі;
3. Скорочення необхідних ліній електропередач електричних мереж при задоволенні потреб віддалених районів (Tsoutsos, 2005).

У сонячній енергетиці основні екологічні ризики пов’язані з використанням великої кількості токсичних компонентів при виготовленні фотоелектричних перетворювачів енергії. Зокрема, ФЕП містять телурид кадмію, сульфід кадмію, арсенід галію, а в процесі виробництва використовується фтор, що створює ряд токсичних сполук (Вамболь, 2016). З цієї причини необхідно не тільки приділяти важливу увагу небезпечним елементам для запобігання критичних наслідків, а також враховувати ці факти при оцінці негативного впливу ВДЕ на НС.

Системи широкомасштабного виробництва електроенергії базуються на теплових або фотогальванічних технологіях. Обидва підходи вимагають великих ділянок землі. Цей фактор меншою мірою враховується при індивідуальних системах, бо в цих випадках СЕС розташовуються в першу чергу на даху будівель, а в деяких випадках на стінах. Під час вибору місця розташування систем СЕС необхідно приділяти увагу земельному питанню, а саме її вартості та кількості сонячного випромінювання у цій місцевості. Для зменшення витрат на оренду (покупку) земельних ділянок доцільно використовувати віддалені райони країни, де вартість оренди (покупки) землі є значно нижчою за вартість ділянок у близьких до міста районах. Також краще використовувати ділянки землі, які не підходять для сільського господарства або не мають лісового покриву.

Наступним обмеженням при виборі земельної ділянки для СЕС має бути відстань до найближчого населеного пункту та наявність поблизу достатньої кількості запасів води. Правильний вибір ділянки дозволить зменшити втрати від встановлення ліній електропередач та витрат на охолодження. Прикладом найбільш ідеального місця для системи широкомасштабного виробництва сонячної

енергії є територія північного заходу Індії, де на великих територіях безплідної землі є багато сонячного світла. Крім того, зважаючи на необхідність великих обсягів матеріалів (у першу чергу цементу, сталі та скла) для самих колекторів та для структурної підтримки, слід провести аналіз викидів забруднюючих речовин від виробничого процесу.

У доповіді (Siddayao, 1993) було встановлено, що вимоги до центральних сонячних теплових систем є більшими, ніж до підприємств з викопного палива на одиницю енергії. Також ураховується, що на центральних фотоелектричних системах потрібні рідкісні матеріали, такі як: сульфід кадмію, токсичні та вибухонебезпечні. Згідно з цим звітом, системи сонячної енергії можуть спричинити значне водне забруднення, включаючи антифриз, інгібітори іржі та важкі метали, викинуті з системи до НС. Також використання СЕС потребує великої кількості водних ресурсів, які застосовуються для охолодження.

До інших несприятливих екологічних наслідків використання широкомасштабних сонячних систем відносяться:

1. Постійне користування великих площ землі;
2. Відсутність меліорації для рослин;
3. Вплив залишкових матеріалів під час зняття з експлуатації (скловолокна, скла, теплоносіїв, ізоляції), у певних системах СЕС існують проблеми з утилізацією кадмію та миш’яку;
4. Небезпека для зору з боку реєстрів, негативний вплив від токсикантів у системах охолоджуючої рідини;
5. Ерозія та ущільнення ґрунту;
6. Зменшення швидкості вітру;
7. Потенційне зниження швидкості випаровування з ґрунту.

Харт (1977) здійснив аналіз викидів забруднення шляхом порівняння таких викидів з тими, що утворюються на установці зі спалювання нафти або вугілля (ТЕС). Порівняння демонструє, що для тих забруднювачів, які вважаються шкідливими для НС, викиди, пов’язані з центральною системою уловлювача, на порядок нижчі за викиди від роботи підприємств зі спалюання нафти або вугілля.

Аналіз останніх досліджень менш сприятливий для централізованих сонячних систем (Bezdek,1993). У дослідженні Р. Бездек (Bezdek, 1993) порівнювався вплив викидів парникових газів на деградацію НС, здоров'я людей та безпеку сонячних енергетичних систем порівняно з варіантами АЕС. Але варто пам'ятати про можливі загрози та токсичність відходів від виробництва електроенергії на АЕС.

За даними дослідження (Bezdek, 1993) після врахування всіх прямих та непрямих ефектів виробництва та доставки енергії можна зробити наступні висновки:

1. Ураховуючи поточні технології на базі стандартизованої енергетичної одиниці, системи сонячної енергії можуть викликати збільшення викидів парникових газів та деградації НС у порівнянні зі звичайними системами атомної та енергії отриманої за рахунок копалин;

2. Амбіційна програма використання широкомасштабних сонячних енергетичних систем замість атомних та паливних може протягом наступних чотирьох-десяти років посилити деградацію НС. Крім того, виробництво матеріалів для цих технологій пов'язано з викидами небезпечних речовин, які необхідно знешкоджувати, щоб уникнути забруднення НС;

3. При порівнянні сонячних енергетичних систем з іншими ВДЕ необхідно визнати небезпечність відходів та проблеми землекористування, пов'язані з сонячними технологіями;

Навіть при застосуванні технологій СЕС на території пустелі необхідно оцінювати їх вплив на місцеву екосистему яка матиме місце незважаючи на відсутність тварин чи людей поруч. Можливими негативними екологічними наслідками буде збільшення споживання води для охолодження, що впливає на якість підземних та поверхневих вод. Крім того, існує вірогідність знищення ареалів пустелі, що впливає на популяцію тварин, у тому числі рідкісних та зникаючих видів. Виникають також екологічні ефекти внаслідок локальної зміни клімату на територіях розміщення колекторів. Нарешті, потужність, яка виробляється через великомасштабні СЕС, передається на великі відстані, що спричинює значні втрати на транспортування.

На теперішній час в Україні СЕС набувають популярності як у приватному секторі, так і на державному рівні. Однак, широкомасштабні системи або сонячні парки потребують додаткових досліджень щодо впливу на тваринний та рослинний світ, а також на НС в цілому. Х. Гьоткер (Hötker, 2006) у своїх публікаціях звертає увагу на той факт, що сонячні парки мають потенційно можливий вплив, аналогічний впливам вітрових парків на тваринний світ, до яких відносять: вплив на відтворення тварин та смертність птахів внаслідок зіткнення з поверхнею СЕС. Х. Гьоткер (Hötker, 2006) висловлює ймовірність впливу на водоплавних птахів, які мігрують у нічний час.

Подібні проблеми стосуються не лише СЕС, а і ВЕС. При експлуатації вітрових турбін птахи страждають внаслідок зіткнення з його вітрилами. На це звертає увагу Аббасі (Abbasi, 2000) у своєму дослідженні районів, прилеглих до вітряної фабрики Бліт-Харбор, на території яких було виявлено близько 1000 мертвих птахів, у тому числі рідкісних. Х. Гьоткер вважає за необхідне провести базові нейро-фізіологічні та поведінкові дослідження з метою розуміння орієнтаційних механізмів літунів, що дозволить запобігти негативному впливу на них (Abbasi, 2000).

Як було зазначено (табл. 1.8), ВЕС не потребує використання водних ресурсів на відміну від АЕС, СЕС та МГЕС. З цієї точки зору ВЕС є найменш водомістким джерелом енергії. Однак, ВЕС має суттєвий недолік – шум від роботи вітряка, який впливає на тваринний і рослинний світ, а також спричиняє занепокоєння та незадоволення з боку місцевих жителів. Частка цього шуму має інфразвук, який має частоти нижчі звукового діапазону людини. Цей інфразвук може призвести до вібрації будинків та споруд. Він утворюється внаслідок турбулентності вітрових потоків та взаємодіє з вежею. Цей фактор є дуже важливим для регіонів України, де більшість будівель має стан експлуатації понад 20 років.

Існує можливість зменшення швидкості вітру у великих вітрових парках. Наявність великих вітрових парків може викликати обурення з боку місцевих мешканців, тому що наявність вітряків змінює естетичний вигляд ландшафту, а у деяких випадках може впливати на радіосигнали.

У 1979 році Національне агентство з аеронавтики та космічного обстеження (НАСА) США встановило турбіну потужністю 2 МВт, названу MOD1, яка має 200-футовий ротор та 131-футову вежу (штат Північна Кароліна). Дрейфовий низькочастотний шум, який з'явився під час роботи турбіни, викликав роздратування жителів будинків розташованих неподалік від цієї турбіни (Ghosh, 1995).

Наступним важливим фактором ВЕС, є наявність резервного джерела енергії або системи її зберігання, що обумовлено непостійністю вітрових потоків та наявністю «штилю», тобто повної відсутності вітру. З цієї причини варто мати систему зберігання надлишків енергії для їх використання в період пікового навантаження. СЕС меншою мірою підлягають цьому впливу, проте, теж потребують системи зберігання енергії, що накладає додаткові витрати при повній автономії від традиційної енергетичної мережі.

Така проблема відсутня при використанні ГЕС. Як зазначає Д. Егрі (Egre, 2002), гідроенергетика має найвищу доступність, надійність та гнучкість. Гідроагрегати можна запускати, зупиняти або змінювати показники протягом декількох хвилин. З цієї причини, коли водних ресурсів досить багато, гідроенергетика може забезпечити основні енергетичні потреби. Станом на 2016 рік гідроенергетика мала 16% світового виробництва електроенергії (Sawin, 2017). Варто зазначити, що ГЕС виробляє найбільшу частину енергії серед ВДЕ. Це обумовлено тим, що технології ГЕС використовуються протягом тривалого часу.

Існує велика кількість видів електростанцій, які відносять до гідроенергетики. Найпоширеніші з них: ГЕС з греблями, пригреблеві ГЕС, деривaційні ГЕС, гідроаккумулюючі електростанції, МГЕС, приливні електростанції та станції перетворення теплової енергії океану.

Питання наслідків від використання ГЕС є досить суперечливим, оскільки існують як позитивні, так і негативні характеристики. Великі ГЕС використовують греблі, що призводить до затоплення місцевості, ставить під загрозу ареал проживання тварин та негативно впливає на орну землю. Штучні греблі мають подвійний ефект: з одного боку, це зміна природної екосистеми, що сильно впливає

на міграцію риби, з іншого – нові водосховища надають нові місця для тваринного світу.

Оцінкам впливу ГЕС на НС приділяли увагу в багатьох дослідженнях та всі сходяться у думці, що великі ГЕС викликають серйозні шкідливі наслідки для НС, особливо для якості води (Abbasi, 2016). Деякі дослідники (Harte, 1978) висловлюють думку, що ГЕС є найбільш екологічно небезпечні. У своїх дослідженнях С. Аббасі звертає увагу на те, що досить часто спостерігається збільшення захворюваності людей, що мешкають поруч та працівників в місцях використання ГЕС (Abbasi 2000; 2016).

Великі та малі ГЕС, або міні-ГЕС відрізняються за потужністю. Малими ГЕС вважаються такі електростанції, потужність яких менша 10 МВт. Потенціал невеликих ГЕС у ряді країн (Непал, Мадагаскар, Папуа, Нова Гвінея та деякі країни Латинської Америки) перевищує загальну встановлену потужність електростанцій за всіма іншими джерелами енергії (Abbasi 2000). Принцип дії у малих ГЕС базується на отриманні енергії за рахунок побудови низькопорігових дамб, генераторів потоку або природного потоку, якщо його потужність достатня. Наслідки від використання низькопорігових дамб у малих ГЕС є однаковими з великими, але меншими за масштабами, тому широкомасштабне використання МГЕС матиме такі саме наслідки, як і побудова великих ГЕС.

Геотермальна енергія – тепло Землі, яке утворюється, зазвичай, внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантії. Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів: пара, вода, газ і розігріті гірські породи (Мхитарян, 1999). З усіх видів геотермальної енергії найкращі економічні показники мають термальні води, пароводяні суміші і природна пара. З цієї причини цей вид ВДЕ інколи негативно сприймається громадою, оскільки технологічні води пахнуть сірководнем та забруднені аміаком, ртуттю, радоном, миш’яком та бором.

Є три типи геотермальних ресурсів: гідротермічний, сухий гарячий камінь та геопоглинання. У теперішній час експлуатуються лише перший тип геотермальних ресурсів. Основними виробниками енергії з геотермальної енергії є Філіппіни,

Нова Зеландія, Ісландія та США. Загальна встановлена потужність складає більше 4 700 МВт електроенергії (World Resources Institute, 1988). Хоча геотермальні ресурси придатні для одержання електроенергії, їх використання у майбутньому варто пов'язувати з комбінуванням видобутку тепла та електричної енергії.

До потенційних несприятливих екологічних ефектів від використання геотермальної енергії відносять: поверхневі порушення; осідання землі; шум; теплове забруднення та вивільнення хімічних речовин (Armannsson, 1992). Геотермальні резервуари мають широкий спектр геотермальних та хімічних властивостей, тому неможливо описати типову геотермальну енергетичну систему. У деяких випадках використовують буріння, де тепло розташоване глибоко, в інших – використовують меншу глибину, проте більшу площу землі.

Первинною проблемою щодо використання геотермальної енергії є осідання землі. Як зазначалось, існує можливість попадання забруднюючих речовин до НС, пов'язаних з роботою геотермальних джерел енергії. До таких речовин відносять: сірководень, двоокис вуглецю, аміак, метан та борну кислоту, а також ртуть, миш'як та інші елементи. Для отримання енергії з гарячих, сухих порід, з розплавленої магми або з нормальних температурних розрядів, необхідно підняти на поверхню гарячу воду, яка отримала тепло за рахунок температури землі, а потім використати її для обертання турбін або для прямого нагріву. Такий процес ускладнюється тим, що для звичайного функціонування геотермальних джерел необхідна дуже велика кількість води. Ймовірно, цю проблему можна полегшити, використовуючи геотермальний концентрат як охолоджуючу воду. Обсяг необхідної води буде менше, якщо геотермальний резервуар матиме дуже високу температуру.

Аксманн (Axtmann, 1975) вивчав екологічні ефекти, пов'язані з геотермальною електростанцією у Вайракеї, Нова Зеландія, і виявив, що завод Вайракеї скидає приблизно в 6,5 рази більше тепла, в 5,5 разів більше водяної пари, і півтора міліграма сірки на одиницю виробленої електроенергії, у порівнянні з сучасним вугільним заводом у Новій Зеландії. Завод також забруднює сусідню річку Вайкато водородними вуглеводами, діоксином вуглецю, миш'яком і ртуттю

в концентраціях, що мають несприятливі ефекти для НС. Оскільки завод «Wairakei» був запущений до виявлення більшої частини екологічних факторів, це призвело до збільшення впливів на НС. Всі ці питання необхідно враховувати при розробці будь-якого геотермального чи іншого крупномасштабного проекту ВДЕ.

Останнім із розглянутих видів ВДЕ є біомаса**.** Біомасу прийнято розділяти на фітомасу (маса рослин) та живі організми(тварини та мікроорганізми). В енергетиці використовується саме фітомаса, тому подальший опис буде присвяченій саме їй.

Фітомаса за своєю природою використовує сонячне випромінювання, воду та ресурси землі для свого росту. За даними досліджень біомаса здатна уловлювати до 15% сонячного випромінювання (Abbasi, 2000). За підрахунками Джонсон і Хінман (Johnson, 1980), щоб задовольнити 10% потреб у нафті або 25 барелів нафти такої країни, як США, необхідно зібрати врожай приблизно на 12 мільйонах гектарів землі. Аббасі (2000) у своїй роботі зазначає, що для заправки автомобіля біопаливом протягом одного року необхідно приблизно 4,2 га землі, в той час як для харчування кожної людини використовується близько 0,5 га. Крім того, попит на сільськогосподарську продукцію зростатиме з часом, збільшивши таким чином конкуренцію за земельні та водні ресурси.

Існують різні варіації проектів з біомасою. На сьогодні, одним з найбільш популярних є вирощування рослин, дерев та водоростей (фітомаси), а також виробництво біогазу. За даними Г. Гелетухи (2017) загальний економічний потенціал біомаси в Україні становить трохи більше 29 млн. т. у. п. (додаток Б).

Реалізація більшості програм виробництва енергії з біомаси потребуватиме значних обсягів водних ресурсів та землі. При реалізації проектів з виробництва біомаси існує велика ймовірність посилення проблем, пов’язаних з ерозією ґрунту (Tandon, 1995, 1992; Gadgil, 1993). Сучасні технології можуть значно зменшити негативний вплив на ґрунти, але цей процес ускладняється технологічною складністю та важкістю їх реалізації. Ерозія ґрунту сприяє значному посиленню водяного пробігу, що тим самим затримує поповнення ґрунтових вод і має прямий вплив на річки та якість води, що у свою чергу змінює як середовище проживання, так і джерела їжі для дикої природи та іншої біоти (Gadgil, 1993; Pimental, 1983).

Плантації монокультурних швидкозростаючих дерев змінюють середовище існування для багатьох видів дикої природи (Pimental, 1983). Ці монокультури менш стійкі, ніж природні лісосмуги, і для збільшення швидкості росту потребують пестицидів та добрив. Масштабне використанням добрив та пестицидів неминуче забруднюватимуть воду (Tandon, 1995, 1992).

Вирощування біомаси може призвести до проблем у сфері охорони здоров'я та безпеки. Сільське господарство має на 25% більше травм на людину за день, ніж у всіх інших галузях виробництва. Виробництво лісової біомаси в декілька разів перевищує професійні травми та хвороби, ніж видобуток вугілля та нафти (Leigh, 1997).

Очікується зростання загальної зайнятості, якщо попит на ресурси біомаси буде зростати (Pimentel, 1983). Водночас необхідною є робоча сила для сільськогосподарських робіт та роботи в лісових господарствах для догляду та збору врожаю, транспортуванні та експлуатації об'єктів перетворення біомаси в паливо. Виробництво палива з біомаси потребує в 3–7 разів більше обслуговуючого персоналу, ніж на заводі вуглепластику (Schneider, 2003). Вирощування кукурудзи для задоволення енергетичних потребує в 18 разів більше робочої сили, ніж виробництво еквівалентної кількості бензину (Pimentel, 1984).

Найпоширенішими технологіями перетворення біомаси в енергію є безпосереднє горіння та піроліз, що веде до забруднення повітря твердими частками, окисами вуглецю, оксидами сірки, оксидами азоту, діоксидом вуглеводу, токсичними подразниками, кислотами, альдегідом, фенолом та канцерогенними сполуками, наприклад, бензапірену. Генерація за рахунок твердих відходів призводить до появи золи, яка іноді містить токсичні речовини (Abbasi, 2000).

За традиційним підходом до аналізу еколого-економічних наслідків використання джерел енергії оцінюють прямий вплив на НС лише на стадії експлуатації. Але постає питання опосередкованого впливу на НС, наприклад ТЕС та ТЕЦ мають великий обсяг викидів шкідливих речовин до атмосферного повітря, за що підприємства, які використовують цей принцип отримання енергії сплачують екологічний податок. Окрім прямого впливу від основної діяльності, такі

підприємства використовують водні ресурси (для вимивання залишків паливних ресурсів та сажі) та займають певну площу землі. Також слід враховувати навантаження на НС під час розвідки, добування та переробки енергетичних ресурсів для отримання електричної енергії.

Для порівняння та оцінки джерел енергії у сучасних умовах необхідним є враховувати ЖЦ енергетичного продукту. Це обумовлено тим, що ВДЕ не мають потреби у розвідці родовищ та видобутку енергетичних ресурсів, що слід враховувати при порівнянні джерел енергії, що використовують вичерпні енергетичні ресурси. Більш детакльний аналіз досліджень та структурно-логічну схему екологічних наслідків використання ВДЕ за стадіями та фазами ЖЦ енергетичних продуктів наведено в другому розділі.

ЖЦ енергетичного продукту складається з ряду етапів, які потребують часу і впливають на НС. Вплив на НС можна розділити на три складові: вплив на атмосферне повітря, вплив на водні басейни, вплив на землю (ґрунт). Також вплив на НС слід розділяти на прямі та опосередковані наслідки. Наприклад, розвідка родовищ з метою подальшого видобування енергетичних ресурсів безпосередньо впливає на землю, проте, існує опосередкований (можливий) вплив на водні басейни (підземні води).

Звертаючи увагу на ВДЕ, їх вплив починається лише з етапу виробництва електричної енергії, що обумовлено відсутністю необхідності в енергетичних ресурсах для виробництва електроенергії, а вплив на НС більшою мірою опосередкований. Це основна причина, чому під час порівняння традиційних та ВДЕ негативний вплив ВДЕ приймається за нульовий, хоча наведені приклади сучасних досліджень підтверджують необхідність розробки методики оцінювання впливу джерел виробництва енергії на НС. Це можливо реалізувати за допомогою аналізу, співставлення та оцінці ЖЦ джерел енергії, що використовуються у сучасному світі.

Враховуючи перераховані результати досліджень та вплив ВДЕ на різні сектори економіки, доцільно використати CLD-аналіз, який дозволить виявити

причинно-наслідкові зв’язки між економічними та екологічними наслідками використання ВДЕ, рис. 1.10.

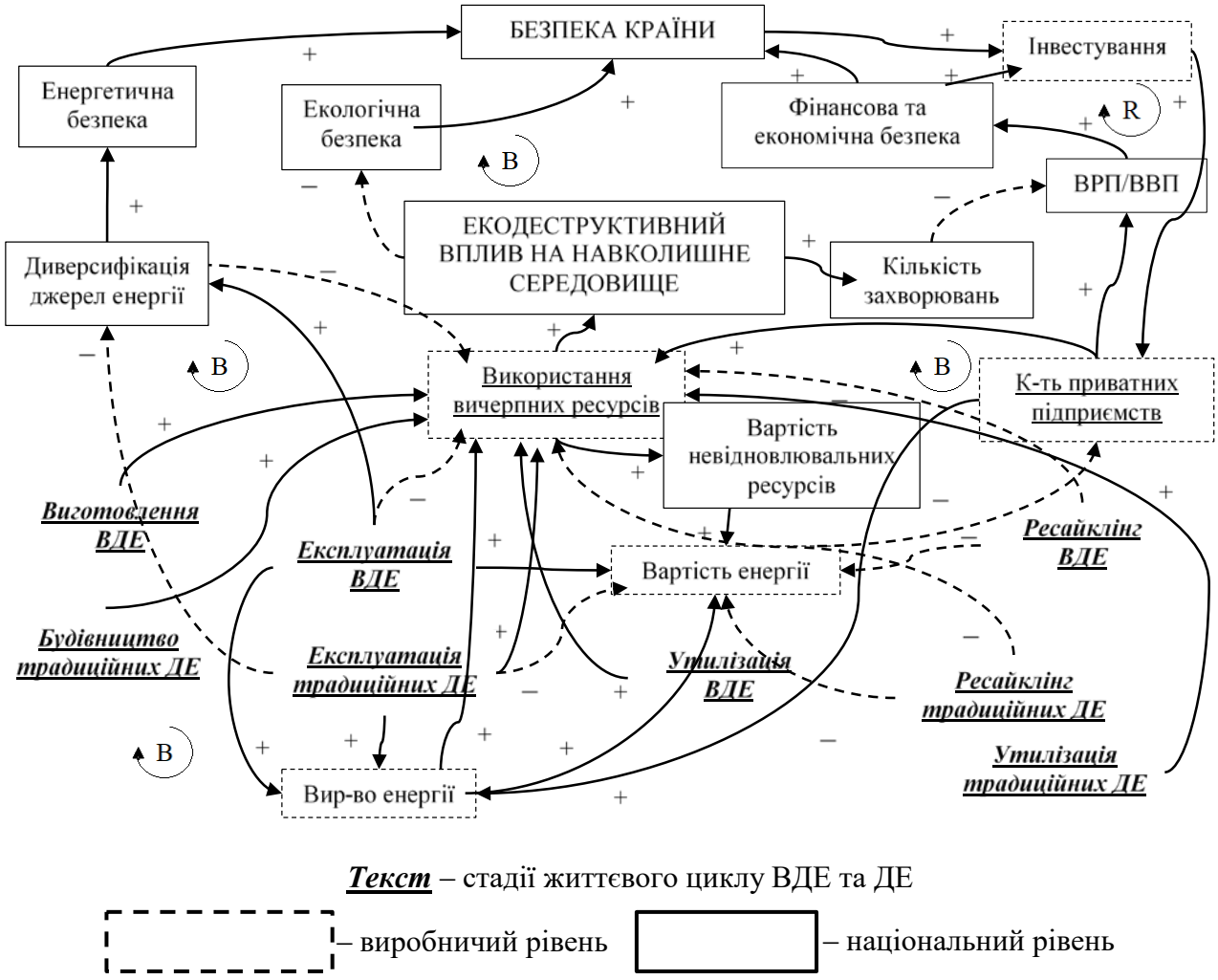


Рисунок 1.10 – Схема CLD-аналізу причинно-наслідкових зв’язків у разі використання ВДЕ на різних рівнях та їх еколого-економічна збиткоємність

За схемою можна прослідкувати позитивний вплив ВДЕ на обсяги використання вичерпних ресурсів на стадіях експлуатації та ресайклінгу ЖЦ енергетичного продукту. Водночас з цим, слід оцінити негативний вплив на НС на стадіях виготовлення та утилізації ВДЕ.

Висновки до розділу

У першому розділі розглянуто роль ВДЕ у забезпеченні сталого розвитку. Поєднання CLD-аналізу і теорії життєвого циклу енергетичного продукту

дозволило обґрунтувати науково-методичний підхід до виявлення причинно-наслідкових зв’язків між екодеструктивним впливом на навколишнє середовище за стадіями і фазами життєвого циклу енергетичного продукту відповідно до традиційних джерел і ВДЕ з урахуванням умов забезпечення енергетичної, екологічної та економічної безпеки на різних рівнях управління. Було розкрито структурно-логічний зміст поняття «еколого-економічна збиткоємність відновлювальних джерел енергії», під яким розуміється економічне оцінювання негативних екологічних наслідків використання відновлювальних джерел енергії за етапами виробництва, експлуатації та утилізації засобів виробництва енергії після закінчення терміну їх служби, а також компенсації можливих економічних збитків спорідненим стейкхолдерам з розрахунку на одиницю виробленої енергії.

Результати дослідження зазначені у розділі 1 опубліковано у працях (Павлик, 2014; Павлик, Тарабан, 2017; Павлик, 2016 б; Павлик, 2016 в; Павлик, 2017 в).

Розділ 2

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

2.1. Аналіз теоретичних та методологічних підходів до економічного оцінювання екологічних наслідків використання відновлювальних джерел енергії

ВДЕ представляють собою перспективний напрям у сучасній науці, про що свідчать численні публікації, які виявляють позитивні наслідки збільшення обсягів виробництва енергії за рахунок ВДЕ. Більша частина публікацій з ВДЕ належить закордонним авторам, що ми пов'язуємо з меншою кількістю використання об'єктів ВДЕ в Україні порівняно з розвинутими країнами світу. За даними Світового банку ВДЕ виробляли приблизно 4,14% від загального енерговиробництва у 2015 році (World Bank Database, 2015). У той же час цей показник у Німеччині становить 14,2%, в США 8,71%, а в Китаї 12,41%. Велику увагу закордонних дослідників привертає питання впливу ВДЕ на економічний розвиток країн. Результати досліджень Аль-Мулалі (Al-mulali, 2013; 2015), Апергіс та Пейн (Apergis & Payne, 2010; 2011; 2012; 2014), Доган та Туркекул (Dogan & Turkekul 2016), Менегакі (Menegaki, 2016) підтверджують гіпотезу щодо наявності двонаправленого зв'язку між зростанням економічних показників (ВВП) та збільшенням обсягів енергії, виробленої за рахунок ВДЕ.

Серед вітчизняних дослідників питання ВДЕ та його ЖЦ досліджували Я. Кологривов (2014), Х. Дерейко (2015), О. Гавриш (2014), С. Прийменко (2015) та інші.

Я. Кологривов досліджував ЖЦ підприємств з точки зору приватного сектору (Кологривов, 2014). Х. Дерейко (2015) оцінює екодеструктивний вплив сонячних електростанцій за етапами ЖЦ і виявляє різний за обсягами вплив на всіх стадіях ЖЦ (Дерейко, 2015). О. Гавриш звертав увагу на необхідність оцінювання ВДЕ для

отримання електричної енергії (Гавриш, 2014). С. Прийменко (2015) досліджувала ЖЦ енергетичного продукту, однак не враховувались структурні особливості ВДЕ.

За теорією ЖЦ етап виробництва характеризується появою нових технологій отримання електричної енергії та стрімкого зростання обсягів виробництва та споживання нового продукту (Матюшенко, 2010). За даними Світового банку (World Bank Database, 2016) обсяги споживання електричної енергії постійно зростають (рис. 2.1). Використовуючи загальну теорію ЖЦ, можна прийти до висновку, що електрична енергія як продукт перебуває на першому з етапів ЖЦ.

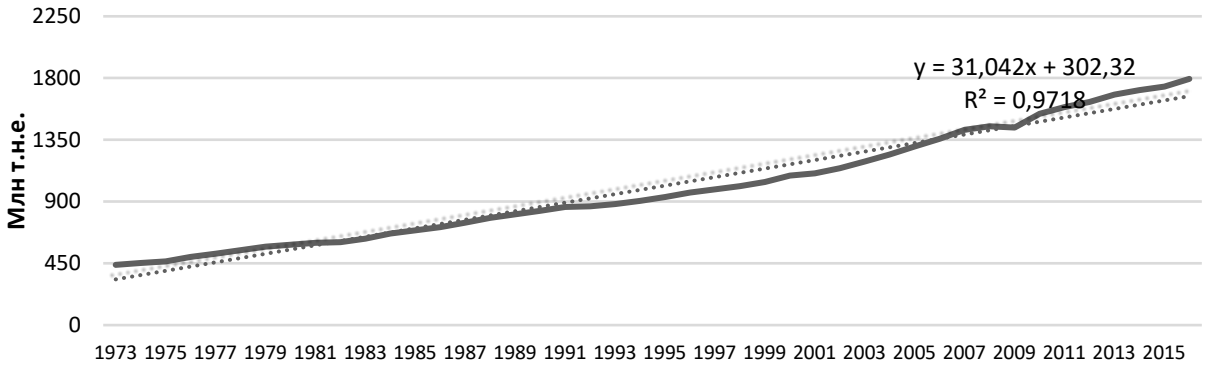


Рисунок 2.1 – Загальне споживання електричної енергії 1973–2015, млн т.н.е. (World Bank Database, 2016)

Способи генерації енергії за рахунок енергії сонця, землі та вітру постійно змінюються та розвиваються, що призводить до зменшення їх собівартості. Всі ці фактори характеризують саме першу стадію ЖЦ продукту, яка триває понад 45 років. Таким чином, на людство чекає стадія стрімкого зростання, яку забезпечать нові технології виробництва та споживання електричної енергії.

Енергетичний ринок світу складається з так званих традиційних (нафтопродукти, природний газ, вугілля, мазут) джерел енергії та ВДЕ. Для забезпечення балансу між потребами сьогоднішніх та майбутніх поколінь (з урахуванням екологічної, економічної та соціальної складових) постає питання порівняння джерел енергії. З метою порівняння традиційних та ВДЕ слід досліджувати їх ЖЦ, що дозволить провести аналіз всього впливу кожного з джерел енергії на НС та мати можливість порівнювати їх одне з одним.

Першою проблемою порівняння джерел енергії є те, що кожне з них має свій строк експлуатації та особливий екодеструктивний вплив. Так, наприклад, у АЕС плановий строк експлуатації реактора складає 55 років (РГМ 1000), а у вітрових електростанцій – 20 років терміну експлуатації. У випадку використання греблі (ГЕС) строк експлуатації сягає 100 і більше років. Крім того, необхідно враховувати період будівництва та мінімальний обсяг виробничої потужності, що додає обмежень при плануванні енергетичного балансу. Тобто, за період часу від моменту початку експлуатації устаткування до моменту його утилізації проходить від 20 років для ВДЕ та 28 для ТЕС, і сягає 60 років у випадку АЕС (табл. 2.1). Історичні дані доводять, що за період часу навіть у 20 років енергетична структура, технології та вартість суттєво змінюються, що призводить до нових оптимальних співвідношень між джерелами енергії з врахуванням екологічного, ресурсного та енергетичного потенціалів.

Таблиця 2.1

Строк експлуатації та будівництва об’єктів виробництва електричної енергії

Джерело електричної енергії	Строк будівництва, років	Строк експлуатації, років	Мінімальний розмір нових потужностей, МВт	Джерело
АЕС	4–6	55	1000	(Енговатов, 2017)
ТЕС	3–6	25	80	(By, 2006)
ТЕЦ	7–10	30–35	1,7	(By, 2006)
ГЕС	3–8	100 (30–40)*	<1 МВт	(Палишкин, 2013)
ВДЕ				
ВЕС	<0,5	20	<1 МВт	(Tremeac, 2009)
СЕС	<0,5	30	<1 МВт	(Raluy, 2004)
МГЕС	<0,5	35	<1 МВт	(Nouni,2006)

* Гребля 100 років, її частин згідно ДСТУ 30–40 років

Період ЖЦ певного джерела енергії з моменту будівництва до утилізації призводить до зниження енергетичної незалежності та енергетичної безпеки країни. Це пояснюється тим, що тривалий ЖЦ одного джерела ускладнює перехід до іншого або збільшує його вартість, що призводить до залежності від певного джерела енергії або від структури виробництва енергії на певний період часу. За С. Прийменко (2015) структурно ЖЦ енергетичного продукту розділений на декілька етапів:

1. Винахід технології, отримання енергетичного продукту;
2. Етап ресурсного забезпечення, до якого відноситься розвідка родовищ, їх підготовка до експлуатації, транспортування та переробка енергетичних ресурсів для подальшого їх використання.
3. Виробництво енергії та її транспортування. Процес виробництва енергії полягає у перетворенні одного виду енергії в інший.
4. Доставка виробленої енергії до кінцевих споживачів та її споживання.

На всіх етапах виокремлюється процес утилізації відходів, які виникають на кожному з етапів.

Наведений ЖЦ енергетичного продукту має відношення лише до традиційних джерел енергії (Прийменко, 2015). Наш погляд поділяють Мартинез (Martínez, 2009) та Шлейснер (Schleisner, 2000), які стверджують, що ЖЦ ВДЕ відрізняється від ЖЦ традиційних джерел енергії і його слід досліджувати окремо. Обидва закордонних дослідника досліджують ЖЦ ВДЕ починаючи з етапів видобутку, транспортування, обробки та виготовлення компонентів майбутньої електростанції з первинних ресурсів. Після виготовлення компонентів електростанції їх транспортують до місця монтажу та подальшої експлуатації. Після етапу експлуатації, який відрізняється для кожного з видів ВДЕ, елементи електростанцій демонтуються та утилізуються.

Проведений аналіз ЖЦ ВДЕ виявив відмінності в порівнянні з ЖЦ традиційних джерел енергії, які хоча і мають ідентичну назву, проте мають різницю у завданнях та способах їх вирішення (рис. 2.2).

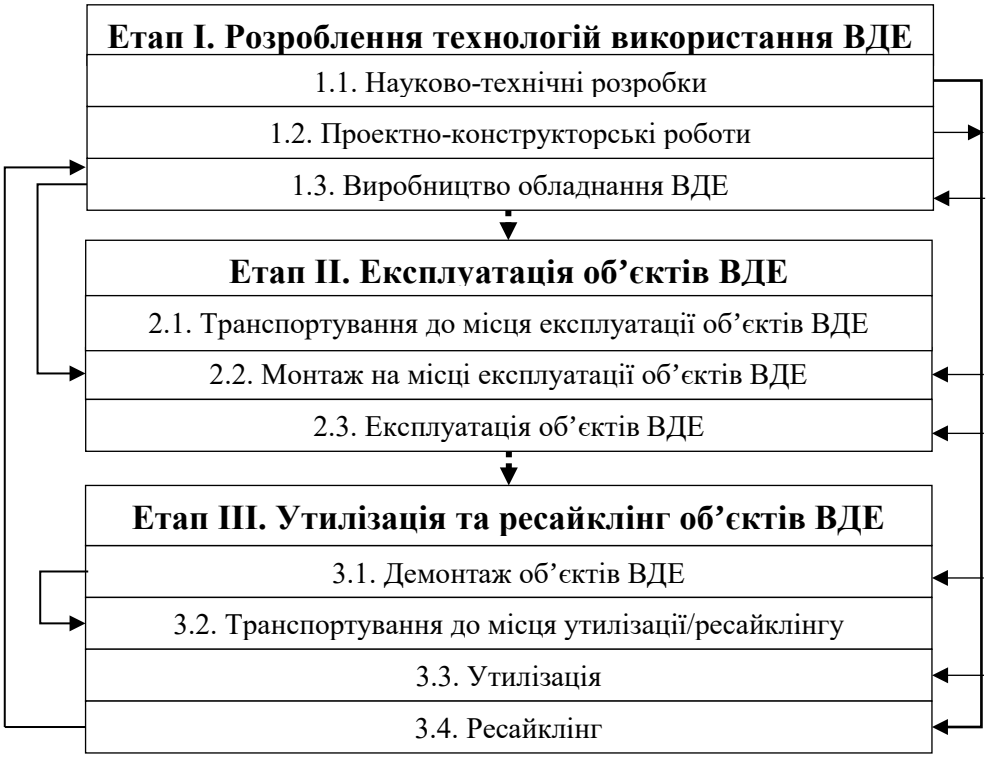


Рисунок 2.2 – Структурно-логічна схема життєвого циклу енергетичного продукту на основі ВДЕ

ЖЦ ВДЕ поділено на три основні стадії та десять фаз, які включають:

1. Розроблення технологій використання, який включає наступні фази: науково-технічні розробки, проектно-конструкторські роботи та виробництво ВДЕ. На фазах 1.1. та 1.2. (табл 2.2) проводяться наукові дослідження у сфері нових технологій перетворення енергії сонця, повітря та тяжіння (води) в електричну (теплову або іншу), видобутку та підготовки ресурсів для виробництва компонентів обладнання ВДЕ; набувають подальшого розвитку технології виробництв обладнання; розробляються способи більш простого монтажу та демонтажу обладнання після закінчення строку його експлуатації; досліджуються можливості повторного використання компонентів обладнання, строк експлуатації якого закінчився. Прикладом наукових досліджень є зменшення вартості сонячних панелей на 51%, а їх додаткових компонентів та інсталяції – на 37% за період 1998–2010 роки (Ратнер, 2014).

Таблиця 2.2

Екодесруктивний вплив за фазами ЖЦ ВДЕ

Фаза ЖЦ	**Екодеструктивний вплив**
Загальний вплив для всіх ВДЕ	
1.1–1.2	Відсутній екодеструктивний вплив
1.3	Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря, водний басейн, ґрунти в процесі виготовлення обладнання для використання ВДЕ
2.1	Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від транспорту, який використовується на етапі виготовлення обладнання для транспортування до місця експлуатації об’єктів на ВДЕ
2.2–3.1	Має особливості для кожного з видів ВДЕ
3.2	Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від транспорту, який використовується на етапі експлуатації об’єктів на ВДЕ
3.3	Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від об’єктів на ВДЕ в процесі утилізації, захоронення окремих елементів устаткування ВДЕ
3.4	Відсутній екодеструктивний вплив
Екодеструктивний вплив для окремих видів ВДЕ	
Сонячні електростанції, які розташовані на дахах будівель (СЕС)	
2.2	Порівняно незначний екодеструктивний вплив від монтажу обладнання
2.3	Має місце додаткове електромагнітне забруднення, яке впливає на мешканців будинку; спричиняє теплове забруднення; має негативний вплив на біоту
3.1	Порівняно незначний екодеструктивний вплив від демонтажу обладнання ВДЕ
Сонячні електростанції, які розташовані на землі (СЕС)	
2.2	У випадку монтажу малих та середніх об’єктів СЕС використовуються каркасні конструкції, які мають порівняно незначний екодструктивний вплив на етапі монтажу; у випадку використання великих СЕС будуються великі споруди, що призводить до екодеструктивного впливу від будівництва споруд; віддаленість місця експлуатації від енергетичної мережі потребує додаткових витрат на електричні стовпи або підземної прокладки кабелю з метою під’єднання до загальної енергетичної мережі
2.3	Сонячні панелі не дають можливості потрапити сонячним променям на землю; спричиняє теплове забруднення НС; використана вода для миття панелей потрапляє в ґрунт та водний басейн; впливає на біоту
3.1	Демонтаж споруд великих об’єктів СЕС може призводити до додаткового забруднення НС
Вітрові електростанції (ВЕС)	
2.2	Малі ВЕС мають порівняно незначний екологічний збиток з причини використання малих каркасів та дахів будівель; середні та великі ВЕС використовують міцну платформу для фіксації щогли, виникає екологічний збиток, пов’язаний з її будівництвом
2.3	Має місце шумове забруднення, електромагнітне забруднення; вплив на тваринний світ
3.1	Платформа для фіксації щогли ВЕС залишається після експлуатації ВЕС
Міні-гідроелектростанції (МГЕС та понтонні малі ГЕС)	
2.2	Понтонні малі ГЕС (ПМГЕС) використовують збірний каркас з фіксацією на березі, який не спричиняє додаткового екологічного навантаження; МГЕС, які потребують побудови греблі або інших споруд мають вплив на течію, на природне випаровування та біоту
2.3	Велика концентрація ПМГЕС може призвести до зменшення швидкості течії, що має екологічні наслідки; всі МГЕС мають вплив на тваринний світ
3.1	Каркасні ПМГЕС мають порівняно незначний екодеструктивний вплив; МГЕС з греблею або з іншими спорудами має значний екодеструктивний вплив на етапі демонтажу

При врахуванні впливу науково-технічної та проектно-конструкторських фаз ЖЦ енергетичного продукту слід враховувати час необхідний на впровадження нових технологій в процесах виробництва ВДЕ. Науково-дослідний етап має мету зменшення збиткоємності ВДЕ, обсягів використання ресурсів на виготовлення обладнання та навантаження на НС, збільшення ККД обладнання та можливу повторну експлуатацію певних компонентів обладнання.

2. Експлуатація об'єктів ВДЕ включає в себе фази транспортування, монтажу та експлуатації об'єктів ВДЕ. Місце експлуатації обирається за трьома основними факторами: вартість земельної ділянки (або місця розташування, у разі даху будинку); потенційна потужність джерела енергії (потужність сонячного випромінювання, глибина та швидкість течії річки, роза вітрів, особливості клімату); віддаленість від центральної електричної мережі або кінцевих споживачів. За наявності місця експлуатації, яке задовольняє умовам використання, обладнання встановлюється та експлуатується. Аналізуючи ЖЦ традиційних джерел енергії можна зробити висновок, що саме на даному етапі виникає основне навантаження на НС. ВДЕ на даному етапі мають менший вплив на НС, який відрізняється за видами ВДЕ. Для монтажу ВЕС необхідні: метал – для щогли та компонентів генератора, бетонні компоненти – для опори, та пластик або метал – для лопать. Для СЕС необхідна конструкція, на котрій вона розташована (дах будинків або металеві конструкції для забезпечення необхідного куту нахилу відносно сонця), та матеріали, з яких виготовлені панелі та акумулююча станція (свинець, кобальт, літій та інші). Основна принципова різниця традиційних та ВДЕ полягає у фазі експлуатації. ВДЕ не використовують вичерпних ресурсів для виробництва електричної енергії під час експлуатації, в той час як традиційні джерела енергії витрачають ресурси на етапах будівництва, експлуатації та виробництва електричної енергії. Для об'єктивного порівняння джерел енергії слід ураховувати складову будівництва для обох способів отримання електричної енергії.

3. Етап утилізації та ресайклінгу: після закінчення строку експлуатації обладнання демонтується, транспортується та утилізується або використовується у

ресайклінгу. Традиційно пропонується утилізація, проте, для зменшення навантаження на НС можна використовувати частини обладнання, які вийшли з експлуатації, або ресайклінг (від англ. recycling – процес перетворення відходів у нові матеріали і об'єкти). За результатами досліджень Гуезурага Б. (Guezuraga, 2012) 84,4% енергетичних витрат з усього ЖЦ вітрових турбін припадає на етап виробництва, з яких на центральну башту – 55%, а основний матеріал башти – метал. Можна зробити висновок, що башта може бути використана повторно, або перероблена з метою подальшого використання. Схожі результати стосуються МГЕС. Дослідження ресайклінгу сонячних панелей показали, що за сучасних умов більшу частину деталей сонячної панелі дешевше утилізувати, ніж повторно використовувати (Guezuraga, 2012). Компоненти, які можуть бути використані повторно, повертаються у схему на фазі виготовлення ВДЕ. Такий підхід зменшить обсяги спожитих ресурсів та зменшить екологічне навантаження на НС.

Фазу ресайклінгу частин ВДЕ можна продемонструвати на прикладі ВЕС, в якому зазначено обсяги використаних ресурсів на 1 МВт потужності на базі ВЕС, табл. 2.3. (Wilburn, 2011)

Таблиця 2.3

Обсяги використаних матеріалів на кг/МВт потужностей ВЕС (Wilburn, 2011)

	Сталь, легована сталь	Бетон	Склово локно	Інше*	Мідь	Магніти	Чавун	**Загальна вага**
Сучасні ВЕС	115,0	590	9,8	8,05	2,5	0	23,9	750,0
ВЕС наступних поколінь	103,0	402	6,8	9,3	3,0	43,2	20,0	540,0
Зміна у %	–10	–32	–31	+16	+20	—	–16	–28

* до стовпчику «інше» належать алюміній, пластик, епоксидні смоли, полімерна піна і дерево

З перерахованих нижче матеріалів сталь, мідь, магніти та чавун можуть бути використані повторно. У матеріальній масі це 141,4 з 750 кг/МВт (або 18,85%) для сучасних ВЕС та 169,2 з 540 кг/МВт (або 31,3%) для ВЕС майбутніх поколінь може

бути використано повторно. Такі компоненти як бетон, скловолокно та більша частина іншого не може бути використана повторно через особливості використання цих матеріалів.

Схожа структура матеріалів у МГЕС, але це залежить від виду ГЕС. В одному випадку основна частка матеріалів припадає на сталь та нержавіючу сталь (80–95% загальної маси), якщо мова йде про плавучі конструкції без побудові греблі. Водночас до категорії МГЕС належать обладнання, яке потребує певного бетонного фундаменту, що змінює співвідношення матеріалів і в цьому випадку відносна частка сталі у структурі матеріалів змінюється до 40–60% від загальної маси. У обох випадках частина, яка виготовлена зі сталі (нержавіючої сталі) може бути використана повторно. Дослідження закордонних учених стверджують про малу економічну ефективність повторного використання матеріалів (Wilburn, 2011), але враховуючи екологічну складову процес ресайклінгу стає більш привабливим.

Сонячні панелі за сучасних технологій майже не підлягають ресайклінгу (Wilburn, 2011), що пов’язано з особливостями матеріалів та високою вартістю переробки матеріалів. Навіть врахування екологічної складової не змінює ситуацію за сучасних технологій, проте, постійно ведуться дослідження в цьому напрямку, мета яких зменшити ресурсоємність, вартість та навантаження на НС під час виробництва обладнання і результати яких можуть змінити ситуацію з сонячними панелями.

Проведені дослідження показали, що для всіх ВДЕ фази ЖЦ 1.1–2.1 та 3.2.–3.4 мають однакову основу, але різний обсяг екодеструктивного впливу. Фази 2.2.–3.1. мають відмінності залежно від виду ВДЕ (табл. 2.2). За наявності доведеного екодеструктивного впливу від ВДЕ з’являється можливість економічної оцінки збитків від використання джерел енергії. Для об’єктивного оцінювання екологічно збитку останній поділено на три групи, які відповідають етапам ЖЦ енергетичного продукту: еколого-економічний збиток на етапі виробництва, експлуатації та утилізації основних засобів ВДЕ. Це дозволить розрахувати розмір збитків у вартісному виразі кожного з джерел енергії на одиницю виробленої енергії.

ЖЦ ВДЕ має суттєву різницю з ЖЦ традиційних джерел енергії. Аналіз ВДЕ має включати етапи виробництва компонентів обладнання з причини наявності викидів шкідливих речовин саме на цьому етапі та відсутності подібних викидів під час експлуатації (виробництва енергії). Кожен з видів ВДЕ має свій особливий перелік факторів впливу на НС, що ускладнює процес порівняння та розрахунку еколого-економічного обсягу завданих збитків від використання ВДЕ за кожним з етапів ЖЦ. Питання розрахунку обсягів збитків джерел енергії потребує подальших досліджень та розрахунків.

2.2. Теоретичні та методичні засади еколого-економічного оцінювання впливу відновлювальних джерел енергії на рівень екологічної безпеки країни

У дисертаційній роботі досліджуються лише викиди до атмосферного повітря від стаціонарних джерел забруднення в енергетичному секторі. Це обумовлено тим, що енергетичний сектор є найбільшим джерелом забруднення атмосферного повітря забезпечуючи половину всіх шкідливих викидів в атмосферне повітря: в Україні – 49,98% та 49,04% у світі. Для порівняння з іншими джерелами забруднення: виробничий сектор забезпечує 23,46% викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря України; житлово-комунальний комплекс – 13,28%; транспорт – 11,41% (World Bank Database).

Для подальшого порівняння джерел енергії між собою необхідно врахувати обсяг виробленої енергії кожним з джерел енергії. Згідно зі статистичними даними енергетичного ринку України в 2017 році за рахунок ТЕС було вироблено 40 524,9 тис. МВт • год, ТЕЦ – 9 304,6 тис. МВт • год (табл. 2.4). Обсяги виробленої енергії мають сезонні коливання. Так, у зимовий період спостерігається збільшення попиту, який задовольняється за рахунок ТЕС та ТЕЦ.

За структурою показник виробництва енергії з ВДЕ складається з СЕС, ВЕС, МГЕС та біопалива. Обсяг електроенергії, яку отримують за рахунок біопалива, є незначним (<0,1%), тому в дисертаційному дослідженні основна увага приділяється СЕС, ВЕС та МГЕС. Обсяги виробленої енергії за рахунок СЕС, ВЕС

та МГЕС мають незначну частку у загальній структурі енерговиробництва, проте, значно вищу ціну за 1 МВт • год (табл. 2.4, 2.5).

Таблиця 2.4

Обсяги виробленої енергії та ціна її закупівлі в 2017 році (ДП Енергоринок, 2017)

Квартал	ТЕС		ТЕЦ		ВДЕ	
	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г
I кв.	9 936 615	1 652,06	3 473 392	1 815,62	480 211	4 068,15
II кв.	7 521 825	1 823,11	1 430 152	1 971,99	526 123	5 331,67
III кв.	11 350 794	1 469,49	1 346 817	1 993,21	575 234	5 437,79
IV кв.	11 715 700	1 621,75	3 054 213	1 950,80	504 438	4 507,85
За рік	**40 524 934**	**1 641,60**	**9 304 574**	**1 932,90**	**2 086 006**	**4 836,37**

Таблиця 2.5

Обсяги виробленої енергії за рахунок ВДЕ та ціна її закупівлі в 2017 році (ДП Енергоринок, 2017)

	СЕС		ВЕС		МГЕС	
	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г	Вироблено МВт • г	Ціна середня грн/МВт • г
I кв.	11 614	7 384,34	28 838	3 107,11	7 997	3 358,01
II кв.	27 020	7 841,55	19 973	3 249,27	6 096	3 548,66
III кв.	30 345	7 604,26	25 344	3 303,17	2 923	3 616,58
IV кв.	9 956	9 074,15	33 674	3 486,71	6 355	3 829,21
За рік	**78 934**	**7 976,07**	**107 829**	**3 286,57**	**23 373**	**3 588,11**

Обсяги викидів шкідливих речовин від ВДЕ під час експлуатації дорівнюють нулю, з причини відсутності процесів горіння на відміну від ТЕС та ТЕЦ.

При аналізі ЖЦ ВДЕ екодеструктивний вплив на НС виникає на етапах виробництва та утилізації обладнання (Akella, 2009). Дані таблиць 2.6 та 2.7

використовують закордонні дослідження та нормативні документи. Розрахунки були проведені в роботах А. Акелла та OECD (Akella, 2009).

Таблиця 2.6

Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за джерелами енергії (Bates, 1996; Akella, 2009)

Джерело енергії	Кількість шкідливих викидів до атмосферного повітря, гр/МВт • год					Приведена кількість викидів CO_2 гр/МВт • год
	CO_2	CH_4	N_2O	SO_2	CO	В еквіваленті CO_2
Вугілля	337 464,0	3,6	5,04	9 021,6	6 737,4	353 603,14
Природний газ	211 493,27	3,6	0,36	–	895,5	213 096,48
Мазут	275 985,47	10,8	2,16	1 800,94	1 146,24	279 491,16
АЕС	66 000	–	–	–	–	66 000
Еквівалент у CO_2, гр	1	25	298	0,44	1,57	–

Таблиця 2.7

Кількість викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за рахунок ВДЕ на етапі виробництва обладнання (Akella, 2009)

Джерело енергії	Кількість шкідливих викидів до атмосферного повітря, гр/МВт • год					Приведена кількість викидів CO_2 гр/МВт • год
	CO_2	CH_4	N_2O	SO_2	CO	В еквіваленті CO_2
ГЕС	10 000	–	–	17	–	10 007,48
МГЕС	9 000	–	–	30	–	9 013,2
ВЕС	7 000 – 9 000	–	–	20 – 90	–	7 008,8 – 9 039,6
СЕС	98 000 – 167 000	–	–	0 – 340	–	98 000 – 167 149,6
Еквівалент у CO_2, гр	1	25	298	0,44	1,57	–

Для ВДЕ розраховувалась кількість викидів шкідливих елементів на етапі виробництва устаткування (панелей для СЕС, конструкцій для ВЕС та МГЕС).

За методикою розрахунку до стаціонарних джерел забруднення відносяться об’єкти енергетичного сектору економіки. Аналізуючи статистичні дані енергетичного балансу України (Енергетичний баланс України, 2007–2017), можна

зробити висновок, що 98,89% енергії, отриманої за рахунок ТЕС, вироблена з вугілля. ТЕЦ виробило 66,83% електроенергії за рахунок природного газу, 20,75% – з вугілля та 12,42% – за рахунок інших енергетичних ресурсів (мазуту).

Використовуючи дані таблиць 2.4 – 2.7, було розраховано приведену кількість викидів шкідливих речовин до атмосферного повітря за джерелами енергії (табл. 2.8), що дозволяє розрахувати розмір еколого-економічних збитків для кожного з видів енергії за видами шкідливих речовин та надати еколого-економічну оцінку окремих джерел енергії для України у 2017 році. Приведена кількість викидів CO_2 від стаціонарних джерел забруднення енергетичного сектору склала 21 285,49 тис. тон (табл. 2.8).

Оцінка завданих збитків визначається згідно наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України №639 (2008).

Таблиця 2.8

Приведена кількість викидів CO_2 від енергетичного сектору України, 2017

Джерело енергії	Кількість виробленої енергії джерелом, МВт • год	Приведена кількість викидів CO_2, на одиницю виробленої енергії, кг/МВт • год	Приведена кількість викидів CO_2, тис. тон
ТЕС	40 524 934	349,68	14 170,68
ТЕЦ	9 304 574	181,87	1 692,24
ГЕС	9 800 822	10,01	98,08
АЕС	80 503 375	66,0	5 313,22
МГЕС	23 373	9,01	0,21
ВЕС	107 829	7,01–7,04	0,76
СЕС	78 934	130,0–130,15	10,26–10,27
Всього:			**21 285,49**

Розрахунки автора на базі (Кубатко, 2018).

Згідно 4 розділу даного наказу розмір відшкодування збитків за наднормативний викид однієї тонни забруднюючої речовини в атмосферне повітря розраховується на основі розміру мінімальної заробітної плати, встановленої на дату виявлення порушення (форм. 2.1).

$$З = m_i \cdot 1{,}1П \cdot A_i \cdot К_т \cdot К_{зі}, \qquad (2.1)$$

де З – розмір збитків, грн; m_i – маса *і*-тої забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря наднормативно, т; П – розмір мінімальної заробітної плати на дату виявлення порушення за одну тонну умовної забруднюючої речовини, грн/т; A_i – безрозмірний показник відносної небезпечності *і*–тої забруднюючої речовини; $К_т$ – коефіцієнт, що враховує територіальні та соціально-екологічні особливості; $К_{зі}$ – коефіцієнт, що залежить від рівня забруднення атмосферного повітря населеного пункту *і*-тою забруднюючою речовиною.

За діючим податковим кодексом України, ставка податку за викиди в атмосферне повітря двоокису вуглецю складає 92,37 грн за 1 тонну від стаціонарних джерел забруднення (Податковий кодекс України, 2011, ст. 243). Формула (2.1) прив'язана до мінімальної заробітної плати, проте, даний метод не є об'єктивним. Використовуючи мінімальну заробітну платню, збиток розраховується за умови, що кожен з реципієнтів отримує мінімальну заробітну плату з коефіцієнтом 1,1, але за даними пенсійного фонду, середня місячна плата в 2017 році склала 6 273,45 грн/міс (Пенсійний фонд України), в той час як мінімальна заробітна плата – 3 200 грн/міс (3 520 грн/міс з урахуванням коефіцієнта 1,1), що складає різницю майже в 2 рази. З іншого боку, збиток, який отримано від викидів шкідливих речовин до атмосферного повітря, має ґрунтуватись на об'єктивних показниках.

О. Кубатко, у своїх дослідженнях довів залежність між шкідливими викидами в атмосферне повітря та кількістю захворювань (Кубатко, 2018). Результати його досліджень пояснюють наявність впливу шкідливих речовин на здоров'я населення, що призводить до збільшення кількості захворювань, що у свою чергу призводить до зменшення обсягів виробництва з причини тимчасової втрати працездатності. Використовуючи результати дослідження О.В. Кубатко (2018), стає можливим розрахувати кількість захворювань, пов'язаних зі шкідливими викидами в атмосферне повітря. Таким чином, можна порівняти

реальний обсяг збитків від шкідливих викидів в атмосферне повітря (грн/тонну) та кількість захворювань на 1 тонну викидів, табл. 2.9.

Таблиця 2.9

Кількість екологічно обумовлених захворювань та кількість втрачених робочих днів у 2017 році

Вид захворювання	Кількість захворювань, випадків	Відсоток захворювань обумовлених екологічною причиною, %	Кількість захворювань обумовлених екологічною причиною, випадків	Кількість втрачених днів обумовлених екологічною причиною, днів	Кількість випадків на 1 тис. тон прив. викидів CO_2, випадків	Кількість втрачених днів на 1 тис. тон прив. викидів CO_2, днів/тис. тон
Серцево-судинні	1 780 595	10,3	183 401,29	1 479 437	8,62	69,50
Система травлення	1 087 155	11	119 587,05	964 668,9	5,62	45,32
Респіраторні	12 036 631	16	1 925 860,96	15 535 278	90,48	729,85
Рак легень серед чоловіків	10 332	30	3 099,60	681 912	0,15	32,04
Рак легень серед жінок	2 546	10,5	267,33	58 812,6	8,62	69,50
Всього	**14 917 259**	**–**	**2 232 216,23**	**18 720 109**	**104,87**	**879,48**

Розрахунки автора на базі (Кубатко, 2018).

Екологічно обумовлені збитки – це обсяг недовиробленої продукції, послуг, тощо, з причини непрацездатності працівника. Для оцінки завданого збитку використовувати мінімальну заробітну плату (навіть с коефіцієнтом 1,1) не є обґрунтованим. Щонайменше, середня заробітна плата майже вдвічі більша за мінімальну, а сам розмір мінімальної заробітної плати регламентовано державними органами. Найбільш об’єктивним показником є зновстворена вартість на одного працівника.

Для розрахунку зновствореної вартості необхідно розрахувати розмір ВВП (або ВРП для регіонального рівня) на одну людину працездатного віку. У 2017 році ВВП дорівнював 2 908 233 млн грн, що складає 97 211,26 грн на одного працездатного, або 441,87 грн на кожен робочий день. Вікова структура населення України на кінець 2017 року наведена у табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Вікова структура населення України станом на кінець 2017 року (Державна служба статистика України).

Категорія населення	%	Чоловік	Жінок	**Разом** чол. та жін.
Діти віком до 14 років	15,76	3 571 358	3 366 380	6 937 738
Молодь віком 15–24 роки	9,86	2 226 142	2 114 853	4 340 995
Дорослі віком 25–54 роки	44,29	9 579 149	9 921 387	19 500 536
Особи передпохилого віку (55–64 роки)	13,8	2 605 849	3 469 246	6 075 095
Особи похилого віку (65 років і старіші)	16,3	2 409 049	4 770 461	7 179 510

Розмір збитків перевищує розмір екологічного податку в 4,2 рази, табл. 2.11. Наведений метод розрахунку збитків враховує екологічні наслідки від шкідливих викидів в атмосферне повітря, проте, слід звернути увагу, що екологічна система складається з трьох основних частин, які впливають на здоров'я населення. Це атмосферне повітря, водний басейн та ґрунт.

Таблиця 2.11

Екологічно обумовлені втрати ВВП України у 2017 р.

Вид захворювання	Кількість втрачених днів з екологічної причини, дні	Екологічно обумовлені втрати ВВП, тис. грн	Кількість втрачених днів на 1 тис. тон прив. викидів CO_2, днів/тис. тон	Обсяг збитку на 1 тис. тон прив. викидів CO_2, грн/тис. тон
Серцево-судинні	1 479 437	653 717,90	69,50	30,71
Система травлення	964 668,9	426 257,62	45,32	20,03
Респіраторні	15 535 278	6 864 563,59	729,85	322,50
Рак легень серед чоловіків	681 912	301 316,02	32,04	14,16
Рак легень серед жінок	58 812,6	25 987,49	69,50	1,22
Всього	**18 720 109**	**8 271 842,61**	**879,48**	**388,61**

Розрахунки автора

Кожна зі складових НС впливає одна на одну: шкідливі речовини з атмосферного повітря осідають у водойми та землю, забрудненим повітрям дихає

населення; шкідливі речовини у воді потрапляють у повітря під час випаровування та до ґрунту за рахунок підземних річок, забруднену воду можуть використати у побуті; вплив на ґрунт призводить до зміни обсягів сільськогосподарських продуктів і ця продукція може містити шкідливі речовини, а також потрапляти у водойми через підземні річки.

Середній збиток обумовлений екологічними причинами від енергетичного сектору за 2017 рік склав 58,94 грн/МВт • год виробленої енергії, табл. 2.12.

Таблиця 2.12

Розмір екологічно обумовлених збитків завданих ВВП від енергетичного сектору в Україні, 2017

Джерело енергії	Приведена кількість викидів CO_2, тис. тон	Приведена кількість викидів CO_2, на 1 МВт • год, кг/МВт • год	Екологічно обумовлений збиток від джерела енергії, тис. грн	Збиток від джерела енергії, грн/МВт • год
ТЕС	14 170,68	349,68	5 506 932,23	135,89
ТЕЦ	1 692,24	181,87	657 629,69	70,68
ГЕС	98,08	10,01	2 064 795,03	25,65
АЕС	5 313,22	66,0	38 116,48	3,89
МГЕС	0,21	9,01	81,87	3,5
ВЕС	0,76	7,01–7,04	294,99	2,74
СЕС	10,26–10,27	130,0–130,15	3 992,32	50,58
Всього/середнє	21 285,46–	–	8 271 842,61	**58,94**

Розрахунки автора

У загальному вигляді економічне оцінювання збитку від ВДЕ визначається як сума збитків за кожним з етапів ЖЦ – розроблення та створення, експлуатації та утилізації (2.2).

$$У_{вде} = У_{рс} + У_{ек} + У_{у} – У_{відв}, \quad (2.2)$$

де $У_{вде}$ – загальний еколого-економічний збиток від певного виду ВДЕ, грн/МВт • год; $У_{рс}$ – збиток від певного виду ВДЕ на стадії розроблення, грн/МВт • год; $У_{ек}$ – збиток від певного виду ВДЕ на стадії експлуатації, грн/МВт • год; $У_{ур}$ – збиток від певного виду ВДЕ на стадії утилізації та ресайклінгу, грн/МВт • год; $У_{відв}$ –

відвернений збиток від заміщення традиційних на ВДЕ, грн/МВт • год.

Еколого-економічний збиток на етапі експлуатації розраховується окремо для кожного з видів ВДЕ, враховуючи їх екодеструктивний вплив (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Методичні положення щодо розрахунку показників еколого-економічного збитку від ВДЕ на етапі експлуатації, грн/МВт • год

Вид збитку	**Пояснення**
$У_{СЕС\ експ}$ = $У_{зем} • V_{СЕС}$	$У_{зем}$ – розмір збитку від зменшення вартості земельної ділянки внаслідок деградації ґрунту від розміщення СЕС, грн/га; $V_{СЕС}$ – середня площа, необхідна для виробництва 1 МВт • год завдяки СЕС, га/МВт • год.
$У_{ВЕС\ експ}$ = $У_{ем} • Р_{нас} • V_{ВЕС}$	$У_{ем}$ – збиток від підвищення електромагнітного та шумового забруднення розміром 1 % втрат знову доданої вартості, грн/осіб. $Р_{нас}$ – кількість працездатного населення, на яку впливає експлуатація однієї установки ВЕС, осіб/од.; $V_{ВЕС}$ – кількість установок ВЕС, що забезпечує виробництво 1 МВт • год, од.
$У_{МГЕС\ експ}$ = $У_{вод} • Q_{шр} • V_{МГЕС}$	$У_{вод}$ – збиток від потрапляння змащувальних та інших шкідливих речовин до водного басейну під час експлуатації обладнання МГЕС, грн/т; $Q_{шр}$ – маса шкідливих речовин, що потрапляють до водного басейну від експлуатації однієї установки МГЕС, т; $V_{МГЕС}$ – кількість установок МГЕС для виробництва 1 МВт • год, од/МВт • год.

За розрахунками (Inhaber, 2004) СЕС використовують 10 000 л/МВт на рік, у той час як випаровування води складає проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів і дорівнює 1 840,51 грн/т у 2017 році. Враховуючи розмір однієї панелі СЕС для встановлення електростанції

потужностю 1 МВт необхідно 2 га землі. Вартість землі залежить від регіону (табл. 2.14), у той час як втрати від деградації ґрунту складають 20% за перший та другий роки, а потім дорівнюють нулю (Чумаченко, 2010).

Таблиця 2.14

Середня ринкова вартість землі за регіонами України (Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру)

Область	Плата за 1 ГА сільськогосподарського призначення на рік 2017, грн/га	Орієнтовна втрата вартості землі з причини деградації ґрунту за рік, грн/га ($У_{зем}$)
Київська	1538,0	307,6
Сумська	2100,2	420,04
Львівська	1472,4	294,48
Харківська	2111,0	422,2
Херсонська	842,3	168,46

Середня потужність одного генератора складає 6 кВт або 167 установок ВЕС для забезпечення 1 МВт потужності на відстані 250 м один від одного або 10,5 установки в розрахунках на км^2.Також слід врахувати, що ВЕС встановлюються таким чином, щоб використовувати максимальну потужність вітру, для цього враховується напрями вітру і ВЕС встановлюється у місцях, які максимально продуваються, рис. 2.3, тобто слід враховувати 1/4 частину впливу ВЕС.

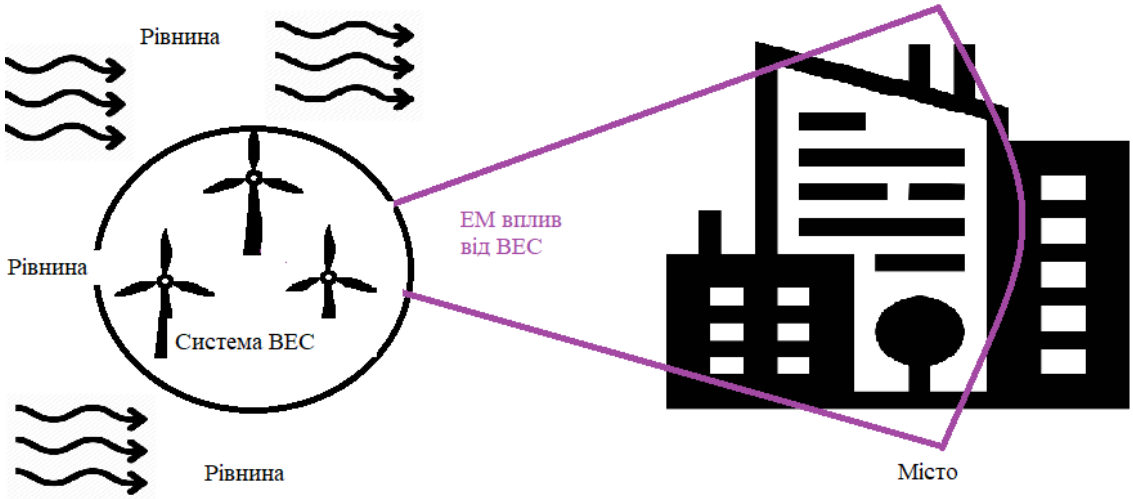


Рисунок 2.3 – Приклад традиційного розташування ВЕС

$$У_{сес\ експ} = 420,04 \bullet 2 = 840,08 \text{ грн/МВт} \bullet \text{г}$$

Щільність населення регіону розраховується як площа, на яку впливає експлуатація ВЕС (3,14 км^2, що дорівнює площі впливу ВЕС r=1 км), а також враховує заборону встановлювати ВЕС ближче, ніж 500 м до населення (r=0,5 км, площа 0,785 км^2). Щільність населення Сумської області складає 46,2 осіб на 1 км^2, а працездатного населення – 69,1% (Державна служба статистики, 2019). ВРП = 46,3 млрд грн або 60 655,45 грн/ кожного працездатного.

$$У_{ВЕС\ експ}=(60\ 655{,}45 \bullet 0{,}01\%) \bullet 2{,}6 \bullet 2{,}355 \bullet (46{,}2 \bullet 0{,}691)=1\ 185{,}64 \text{ грн/МВт}$$

Етап утилізації обладнання ВДЕ розраховується як розмір обладнання у м^3 на 1 МВт помноженого на тариф представника місцевого підприємства з вивозу та утилізації відходів. У місті Суми встановлено тариф на такі послуги у розмірі 133,64 грн м^3 (№342, 2018). За об'ємом установка СЕС потужністю 1 МВт матиме 337,6 м^3 відходів. Ботієвська ВЕС потужністю в 3 МВт має вагу 400 т, або 133,3 т/МВт. 1 м^3 сталі має приблизну вагу 7,8 тонн (залежно від різновиду сталі), тобто необхідно утилізувати 17,09 м^3. МГЕС потужністю до 50 кВт має розмір 13,7 м^3, або 27,4 м^3/МВт. Утилізаційні витрати слід розділити на весь час експлуатації, тому що реальні витрати настануть на останньому етапі ЖЦ. Строк експлуатації СЕС – 30 років; ВЕС – 20 років; МГЕС – 35 років.

$$У_{СЕС\ утил} = 133{,}64 \bullet 337{,}6/30 = 1\ 503{,}9 \text{ грн/МВт}$$
$$У_{ВЕС\ утил} = 133{,}64 \bullet 17{,}09/20 = 114{,}2 \text{ грн/МВт}$$
$$У_{МГЕС\ утил} = 133{,}64 \bullet 27{,}4/35 = 104{,}62 \text{ грн/МВт}$$

Відвернутий розмір збитку залежить від структури енерговиробництва та еколого-економічної вартості одиниці енергії та розраховується як сума збитків від використання традиційних джерел енергії, помноженої на їх частку в загальній структурі енерговиробництва (2.3).

$$У_{відв} = \sum_{i=1}^{n}(У_i \bullet d_i), \qquad (2.3)$$

де $У_i$– еколого-економічний збиток, отриманий на етапі експлуатації *i*-го джерела енергії у розрахунку на 1 МВт • год, грн/МВт • год; d_i – частка *i*-го джерела енергії в загальній структурі енерговиробництва, %.

$$У_{відв} = 57{,}77 \text{ грн/МВт}$$

За результатами розрахунків найбільш вартісною з еколого-економічної точки зору є енергія, отримана від СЕС (табл. 2.15).

Таблиця 2.15

Розмір збитків за етапами ЖЦ, грн/МВт • год

Джерело енергії	$У_{рс}$,	$У_{екс}$,	$У_{у}$,	$У_{вівд}$,	**Всього**
СЕС	50,58	840,08	1 503,90		**2 336,79**
ВЕС	2,74	1 185,64	114,20	57,77	**1 244,91**
МГЕС	3,50	50,00	104,62		**103,35**

Розрахунки автора

2.3. Оптимізація структури енергетичного забезпечення національної економіки з урахуванням екологічного фактору

Розглянемо деякі питання теорії корисності з точки зору раціональної поведінки споживача (Гринева, 2008). Передбачається, що споживач робить свій вибір на підставі раціонального розподілу власного бюджету за умови, що він володіє знаннями про корисні властивості наданого товару і може ранжувати товар за його корисністю.

Для прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності, з урахуванням ризику і прибутковості, можна використовувати елементи теорії корисності. Корисність відображає ступінь задоволення суб'єкта певним товаром. Використовуючи різні види функції корисності, можна знайти оцінки різних економічних ситуацій через знаходження очікуваного значення функції.

Дж. Нейманом і О. Моргенштерном (1970) було показано, що особа, яка приймає рішення прагне до максимізації очікуваної корисності. Таким чином, корисність – це деяке число, яке відповідає деякому можливого результату, а функція корисності Неймана-Моргенштерна показує корисність цього результату. У будь-якої людини, що приймає рішення своя функція корисності, яка відображає його перевагу до тих чи інших наслідків залежно від його ставлення до ризику. Існує поняття очікуваної корисності події, яка дорівнюватиме сумі добутку ймовірностей результатів на значення корисності цих результатів.

По відношенню до ризику в економіці виділяють три типи людей: прихильники ризику, противники ризику і нейтральні до ризику (Шапкін, 2005). Нейтральним до ризику вважається людина, яка при даному очікуваному результаті є байдужою до інших ризикових альтернатив. Схильною до ризику вважається людина, яка при даному очікуваному результаті воліє за кращу пов'язану з ризиком альтернативу. Противником ризику вважається людина, яка при даному очікуваному результаті надає перевагу безризиковій альтернативі. У противників ризику низька гранична корисність доходу. В економіці вважається правилом, що більшість людей відносяться до противників ризику.

Функції корисності Неймана – Моргенштерна для цих типів людей мають наступний вигляд: строго опукла, у якій кожна дуга кривої лежить нижче своєї хорди (прихильники ризику); строго увігнута (противники ризику); пряма лінія (байдужі до ризику).

Поведінку більшості споживачів при прийнятті фінансових рішень можна умовно розділити на два класи: активна діяльність з прийняттям ризику на себе і пасивна діяльність з елементами ризику. Ступінь прийнятого ризику залежить не тільки від об'єктивних економічних умов існування, але і від суб'єктивного сприйняття особи, що приймає рішення.

Функція корисності повинна бути побудована з урахуванням всіх об'єктивних і суб'єктивних умов, які впливають на переваги споживача. Передбачається, що кожен споживач може зробити вибір між двома наборами товарів. У цьому випадку говорять, що на безлічі, на якій визначені інтереси

споживачів, задається відношення переваги. Нехай на безлічі задано бінарне відношення переваги, яке є одним з основних понять в теорії споживання. Кожному відношенню переваги відповідає своя функція корисності.

Перевага функції корисності щодо інших функцій, які характеризують добробут, полягає в тому, що для аналізу споживчого вибору можна використовувати апарат диференціювання.

До основних властивостей функції корисності відносяться:

1. Зростання споживання одного продукту при незмінному споживанні іншого продукту веде до зростання функції корисності.

Нехай функція корисності є функцією, що диференціюється Частинна похідна (2.4) називається граничною корисністю товару та визначає корисність, одержувану від «додаткової» частки товару виду i.

$$\frac{\partial u}{\partial x_i} > 0,\ i = \overline{1,n} \tag{2.4}$$

Нерівність (2.4) можна інтерпретувати так: для будь-якого набору товарів $x \in R_+^n$ зростання споживання товару виду *i* при постійному рівні споживання інших товарів призводить до збільшення корисності. Таким чином, (2.4) – це умова ненаситності для диференційованої корисності.

2. Гранична корисність кожного продукту зменшується, якщо обсяг його споживання продовжує зростати при незмінному споживанні інших. Ця властивість граничної корисності є законом убування граничної корисності.

Припустимо, що функція корисності двічі диференційована і має безперервні другі частинні похідні:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} < 0, \quad (i = \overline{1,n}) \tag{2.5}$$

Нерівність (2.5) говорить про те, що гранична корисність $\frac{\partial u}{\partial x_i}$ товару зменшується в міру того, як продукт споживається. Нерівності (2.4) і (2.5) відображають закон спадної граничної корисності (закон Госсена).

3. Гранична корисність кожного продукту збільшується, якщо зростає кількість іншого споживаного продукту. У цьому випадку продукт, кількість якого є фіксованою, виявляється дефіцитним, і тому додаткова його одиниця може бути спожита ефективніше.

Наведемо приклади деяких, найбільш часто вживаних функцій корисності. Ці функції, як показує практика, за певних умов досить об'єктивно відображають перевагу споживчого вибору (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

Функції корисності (Гринева, 2008)

Вид	Формула	Обмеження, означення
Лінійна (з повним взаємозаміщенням благ)	$u(x)=\sum_{i=1}^{n} b_i x_i$	b_i – чисельна оцінка корисності від споживання одиниці товару
З повним взаємодоповненням благ	$u(x)=\min\left\{\frac{x_i}{b_i}\right\}, i=\overline{1,n}$	b_i – кількість товару що припадає на одиницю кориснсті
Заміщуюче–доповнюючого типу	$u(x)=\sum_{i=1}^{n} \nu_i(x)$	$x_i \geq \sum_{j=1}^{n} b_j \nu_j(x)$, $i=\overline{1,n}$
Квадратична	$u(x)=ax+\frac{1}{2}x'Bx$	$a+x'B>0$ B від'ємна встановлена
Степенева (Р. Стоуна)	$u(x)=\prod_{i=1}^{n}(x_i-a_i)^{\alpha_i}$	$x_i \geq a_i \geq 0$; $\alpha_i > 0$
Логаріфмічна (функція Бернулі)	$u(x)=\sum_{i=1}^{n} a_i \log_c(x_i-\tilde{x}_i)$	$a_i > 0$; $x_i > \tilde{x}_i \geq 0$
Експоненціальна	$u(x)=\frac{1}{a}\exp(-w(x))$	$a>0$, $w(x)=\sum_{i=1}^{n} a_i x_i$
З постійної еластичністю	$u(x)=\sum_{i=1}^{n}\frac{a_i}{1-b_i}(x_i-\tilde{x}_i)^{1-b_i}$	$a_i > 0$; $0<b_i<1$; $x_i > \tilde{x}_i \geq 0$

Можна помітити, що степенева функція корисності (функція Стоуна) за умови $\sum_{i=1}^{n}\alpha_i = 1$, збігається з неокласичної функцією корисності (функція Кобба-Дугласа).

З поняттям функції корисності нерозривно пов’язане поняття кривих байдужості або ліній рівня. Так як для всіх точок з цієї безлічі корисність одна і та ж сама, то криві байдужості задаються рівняннями $u(x) = c$, где c – *const*. Таким чином, крива байдужості математично представляється як лінія рівня функції корисності. Тому для будь-якої функції корисності існує безліч кривих байдужості і вони заповнюють весь простір R_+^n, утворюючи так звану карту байдужості.

Завдання споживчого вибору (завдання раціональної поведінки споживача на ринку) полягає у виборі такого споживчого набору, який максимізує його функцію корисності при заданому бюджетному обмеженні. Бюджетне обмеження означає, що грошові витрати на придбання товарів не можуть перевищувати грошовий дохід:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i x_i \le K \tag{2.6}$$

де p_i – ціна i-го товару, грн; $p_i x_i$ – витрати на купівлю i-го товару, грн; K – грошовий дохід, грн.

Таким чином, класична задача споживчого вибору в термінах функції корисності має вигляд:

$$\begin{cases} u(x) \to \max \\ \sum\limits_{i=1}^{n} p_i x_i \le K \\ x_i \ge 0 \end{cases} \tag{2.7}$$

З причини того, що цільова функція є неперервною, а допустима безліч є компактною, то за теоремою Вейерштрасса рішення цього завдання існує. Враховуючи, що цільова функція є увігнутою і допустима безліч є опуклою, то рішення є єдиним.

Розглянемо функцію споживчої переваги Р. Стоуна (Карелина, 2001; Гринева, 2008). У загальному вигляді ця функція має вигляд:

$$u(x) = \prod_{i=1}^{n} (x_i - a_i)^{\alpha_i} \; ; \; x_i \geq a_i \geq 0; \; \alpha_i > 0, \; i = \overline{1,n}. \tag{2.8}$$

де a_i – мінімально необхідну кількість *i*-го товару, що придбавається і не є предметом вибору; α_i – характеризують відносну «цінність» *i*-го товару для споживача.

При заданих цінах p_i, дохід повинен бути більше кількості грошей, необхідних для придбання мінімально необхідного набору товару a_i: $K \geq \sum_{i=1}^{n} p_i a_i$.

З урахуванням стандартного бюджетного обмеження модель Р. Стоуна набуває вигляду:

$$\begin{cases} u(x) = \prod_{i=1}^{n} (x_i - a_i)^{\alpha_i} \to \max \\ \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \leq K \\ x_i \geq 0 \end{cases} \tag{2.9}$$

Рішення завдання (2.9) можна отримати аналітично за допомогою методу множників Лагранжа, а саме:

$$x_i^* = a_i + \frac{\alpha_i (K - \sum_{j=1}^{n} p_j a_j)}{p_i \sum_{j=1}^{n} \alpha_j} \tag{2.10}$$

Таким чином, отримуємо оптимальний розподіл товару x_i^* для споживача з урахуванням ціни товару p_i і бюджетного обмеження K. При цьому функція корисності $u(x)$ буде максимальною при заданих значеннях «відносних» цінностей α_i для споживача. Отриману функцію попиту можна економічно інтерпретувати в такий спосіб: спочатку купується мінімально необхідна кількість кожного товару

a_i; потім решта доходу розподіляється згідно з ваговою цінністю кожного товару (коефіцієнт $\alpha_i / \sum_{j=1}^{n} \alpha_j$). Розділивши отриману суму на ціну товару отримаємо додаткову кількість *i*-го товару, що купується понад необхідний мінімум a_i.

Розглянемо задачу, коли споживач бажає отримати з можливого набору наданого товару найдешевший при заданих цінах на товар. При цьому функція корисності приймає певне значення задане споживачем. Математично ця постановка задачі має вигляд:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \to \min \\ U(x) = \prod_{i=1}^{n} (x_i - a_i)^{\alpha_i} = u \\ x_i \geq 0 \end{cases} \qquad (2.11)$$

Знаходження оптимального набору товару $x^0 = (x_1^0, x_2^0 \cdots x_n^0)$ залежить від рівня корисності і співвідношення цін на товари і їх попит. Цей оптимальний набір товарів може бути описаний за допомогою деяких функцій від цін на товари та величиною їх корисності: $x_i^0 = H_i(p,u)$. Ці функції називаються функціями попиту Хікса. Мінімальні витрати на придбання оптимального товару можуть бути записані за допомогою функцій Хікса у вигляді:

$$k = \sum_{i=1}^{n} p_i H_i(p,u) \qquad (2.12)$$

Розглянемо основні властивості функцій витрат (2.12): вони є не зростаючими за ціною; є однорідними першого ступеня за ціною; є увігнутими за ціною; є безперервними в просторі цін; є зростаючими по функції корисності. Залежність між функцією Хікса і функцією витрат можна визначити на підставі леми Шеппарда: для функції витрат $k(p,u)$ і функцій попиту Хікса $x_i^0 = H_i(p,u)$ справедливо наступне співвідношення:

$$H_i(p,u) = \frac{\partial k(p,u)}{\partial p_i}, \quad i = \overline{1,n}. \tag{2.13}$$

Розглянуто структуру виробництва електричної енергії в Україні на історичному періоді та знайдемо оптимальний розподіл енергоресурсів на період до 2025 року.

При дослідженні історичного періоду 01.01.2013 – 31.03.2018 рр. (інтервал 1 квартал) розглянуто наступні основні види енергетичних джерел (табл.2.17):

1. ДП НАЕК "Енергоатом" (далі x_1).
2. ГК ТЕС (далі x_2).
3. ГЕС, крім ГЕС , що працюють за ЗТ (далі x_3).
4. Виробники , що працюють за ЗТ (ВДЕ, далі x_4).
5. ТЕЦ та ін (далі x_5).

Таблиця 2.17

Структура електровиробництва України (НКРЕКП)

Рік	Квартал	ДП НАЕК "Енергоатом"		ГК ТЕС		ГЕС, крім ГЕС , що працюють за ЗТ		Виробники , що працюють за ЗТ		ТЕЦ та ін.	
		Об'єм, МВт • г	Доля, %	Об'єм, МВт • г	Доля, %	Об'єм, МВт • г	Доля, %	Об'єм, МВт • г	Доля, %	Об'єм, МВт • г	Доля, %
2013	1	2436718	45,61	1966769	36,81	382739	7,16	35858	0,67	520945	9,75
	2	2006652	44,68	1619533	36,06	612864	13,65	42514	0,95	205885	4,58
	3	1956125	43,34	2128585	47,16	232186	5,14	37110	0,82	159320	3,53
	4	2295731	43,92	2182126	41,75	294756	5,64	42863	0,82	411730	7,88
2014	1	2501553	48,29	1851039	35,73	288158	5,56	62743	1,21	477136	9,21
	2	1967580	45,58	1829060	42,37	297761	6,90	53960	1,25	168402	3,90
	3	2215744	53,83	1579100	38,36	172986	4,20	54567	1,33	94131	2,29
	4	2587033	53,85	1613039	33,58	202250	4,21	52524	1,09	349201	7,27
2015	1	2496491	54,89	1383430	30,42	226150	4,97	54680	1,20	387411	8,52
	2	2172682	58,40	1168335	31,40	183665	4,94	50804	1,37	144931	3,90
	3	2063417	58,20	1176495	33,18	145043	4,09	44829	1,26	115538	3,26
	4	2447999	57,99	1231199	29,17	153747	3,64	44651	1,06	343657	8,14
2016	1	2400815	55,97	1184347	27,61	218940	5,10	49421	1,15	435546	10,15
	2	1915909	52,36	1180419	32,26	295481	8,08	48217	1,32	218927	5,98
	3	1799093	51,12	1359281	38,63	165438	4,70	45514	1,29	149797	4,26
	4	2466153	55,74	1302418	29,44	253277	5,72	53880	1,22	348747	7,88
2017	1	2515567	57,58	1080943	24,74	332322	7,61	54999	1,26	384990	8,81
	2	2285346	63,12	837563	23,13	281052	7,76	58536	1,62	158268	4,37
	3	1925077	53,87	1259877	35,25	174837	4,89	64010	1,79	149980	4,20
	4	2238429	52,81	1308996	30,88	299873	7,07	56329	1,33	335197	7,91
2018	1	2317006	51,00	1318141	29,01	420888	9,26	65874	1,45	421141	9,27
	2	1852659	51,34	1064140	29,49	426558	11,82	82686	2,29	182740	5,06

При цьому виробників, що працюють за ЗТ, можна розділити на чотири групи: МГЕС, ВЕС, СЕС, виробник е/е з біомаси.

У якості вихідних даних розглядаємо показники динаміки та структуру обсягів електроенергії, що випущена виробниками на оптовий ринок електроенергії, а також динаміку цін продажу та купівлі електроенергії. Розрахована структура середніх обсягів виробництва електроенергії за виробниками по кварталах, яка була реалізована на оптовому ринку електроенергії України.

Середня ціна продажу електроенергії виробниками по кварталам на оптовому ринку електроенергії України мала сезонні коливання (табл. 2.18).

На підставі історичних даних було знайдено вагові характеристики енергетичних носіїв; параметри функції розподілу Стоуна; оптимальний розподіл за видами енергії на підставі рішення задачі Стоуна.

Таблиця 2.18

Середня ціна продажу електроенергії за джерелами в Україні, грн/МВт • год (НКРЕКП).

Рік	Квартал	ДП НАЕК "Енергоатом"	ГК ТЕС	ГЕС, крім ГЕС , що працюють за ЗТ	Виробники, що працюють за ЗТ	ТЕЦ та ін.
2013	1	214,17	560,61	192,17	1857,96	1066,49
	2	217,91	754,73	158,96	2859,04	1066,90
	3	222,56	630,21	311,26	2900,94	1081,37
	4	223,80	622,14	218,92	2280,98	1054,95
2014	1	232,36	581,75	267,99	2109,62	969,37
	2	296,06	604,39	261,78	3351,10	1107,99
	3	302,07	765,61	440,96	3521,31	1190,65
	4	283,77	892,41	311,74	2444,83	1288,74
2015	1	322,84	797,46	370,84	2818,42	1711,91
	2	423,85	822,79	858,45	5946,17	1688,34
	3	425,49	956,14	829,35	5277,11	1678,78
	4	425,49	948,52	927,32	3656,72	1646,01
2016	1	417,77	967,75	682,96	4028,98	1621,96
	2	446,31	1044,11	623,30	5151,94	1493,96
	3	509,11	1163,34	1030,76	5522,13	1421,16
	4	512,81	1721,35	717,18	4181,90	1422,21
2017	1	468,54	1652,06	586,03	4068,15	1815,62
	2	482,39	1823,11	515,17	5331,67	1971,99
	3	482,60	1469,49	983,23	5437,79	1993,21
	4	474,85	1621,75	483,72	4507,85	1950,80
2018	1	546,03	1771,01	433,29	4492,22	2147,70
	2	548,00	1916,67	413,96	5668,19	2155,86

Для вирішення завдання оптимізації розподілу енергетичних джерел у майбутніх періодах (3 квартал 2018 р. і далі) на основі моделі Р. Стоуна, було знайдено параметри цієї моделі, які адекватно відображають реальні значення на розглянутому періоді 2013–2018 рр. На підставі історичних даних (табл. 2.17, 2.18) визначено значення «відносної корисноті» в моделі Р. Стоуна. Для коректного вирішення поставленого завдання необхідно враховувати додаткове співвідношення у вигляді $\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$.

Для вирішення цього завдання можна використовувати кілька підходів. Один із способів заснований на визначенні середніх «відносних» корисностей кожного енергоносія. Для їх знаходження розраховано показники на історичному періоді. Дані для розрахунку наведені в таблиці 2.19.

Таблиця 2.19

Розрахункова відносна корисність джерел енергії

Рік	Квартал	Відносна корисність енергоносіїв за видами				
		α_1	α_2	α_3	α_4	α_5
2013	1	0,2249	0,4752	0,0317	0,0287	0,2395
	2	0,2084	0,5825	0,0464	0,0579	0,1047
	3	0,2045	0,6301	0,0339	0,0506	0,0809
	4	0,2082	0,5501	0,0261	0,0396	0,1760
2014	1	0,2494	0,4621	0,0331	0,0568	0,1985
	2	0,2731	0,5182	0,0365	0,0848	0,0875
	3	0,2963	0,5352	0,0338	0,0851	0,0496
	4	0,2608	0,5113	0,0224	0,0456	0,1599
2015	1	0,2868	0,3926	0,0298	0,0548	0,2360
	2	0,3560	0,3716	0,0610	0,1168	0,0946
	3	0,3438	0,4405	0,0471	0,0926	0,0760
	4	0,3381	0,3790	0,0463	0,0530	0,1836
2016	1	0,3130	0,3577	0,0467	0,0621	0,2205
	2	0,3003	0,4329	0,0647	0,0872	0,1149
	3	0,2924	0,5049	0,0544	0,0802	0,0680
	4	0,2868	0,5084	0,0412	0,0511	0,1125
2017	1	0,2887	0,4375	0,0477	0,0548	0,1712
	2	0,3244	0,4493	0,0426	0,0918	0,0918
	3	0,2581	0,5144	0,0478	0,0967	0,0831
	4	0,2508	0,5008	0,0342	0,0599	0,1543
2018	1	0,2539	0,4685	0,0366	0,0594	0,1815
	2	0,2480	0,4982	0,0431	0,1145	0,0962
Середнє значення		0,2758	0,4782	0,0412	0,0693	0,1355

Розрахунки автора

На підставі отриманих результатів (табл. 2.19), маємо такі середні значення «відносної корисноті» енергоносіїв:

$\alpha_1 = 0{,}2758; \alpha_2 = 0{,}4782; \alpha_3 = 0{,}0412; \alpha_4 = 0{,}0693\, \alpha_5 = 0{,}1355$.

Надалі, при побудові моделі Р.Стоуна буде використано ці значення.

Слід зазначити, що отримані «відносні» цінності мають наступну властивість $\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1$, тобто функція корисності Р. Стоуна перетворюється у функцію Кобба-Дугласа.

Для визначення прогнозного значення цін на енергоносії було використано програмне забезпечення MS Excel і його функція «Лист прогнозу». Даний спосіб аналізує дані часового ряду з побудовою тренда, враховуючи сезонні повторення, якщо вони є.

При використанні даної функції програмного забезпечення використовується експоненціальне згладжування, яке дозволяє врахувати не тільки сезонність в рядах даних, але і довірчі інтервали. На практиці довірчий інтервал становить 5%.

Довірчий інтервал ($\alpha = 5\%$) – це діапазон навколо кожного прогнозованого значення, в який, згідно з прогнозом (за нормальним розподілом), має потрапити 95% майбутніх точок. Довірчий інтервал дозволяє оцінити точність прогнозу. Чим менше інтервал, тим вище довіра до прогнозу для тієї чи іншої точки. Значення коефіцієнта довіри за замовчуванням дорівнює 95%.

При побудові прогнозу було виявлено сезонні зміни показника ціни виробників, які працюють за ЗТ (рис. 2.4). Такі зміни пояснюються тим, що даний показник включає в себе чотири види виробництва енергії – СЕС, ВЕС, МГЕС і біопаливо. Середня ціна для об’єктів ВДЕ, які працюють за ЗТ постійно збільшується, що позитивно впливає на інвестиційну привабливість об’єктів виробництва електричної енергії з ВДЕ, водночас, збільшення частки ВДЕ в загальному енерговиробництві матиме вплив на середню ціну електроенергії збільшуючи її.

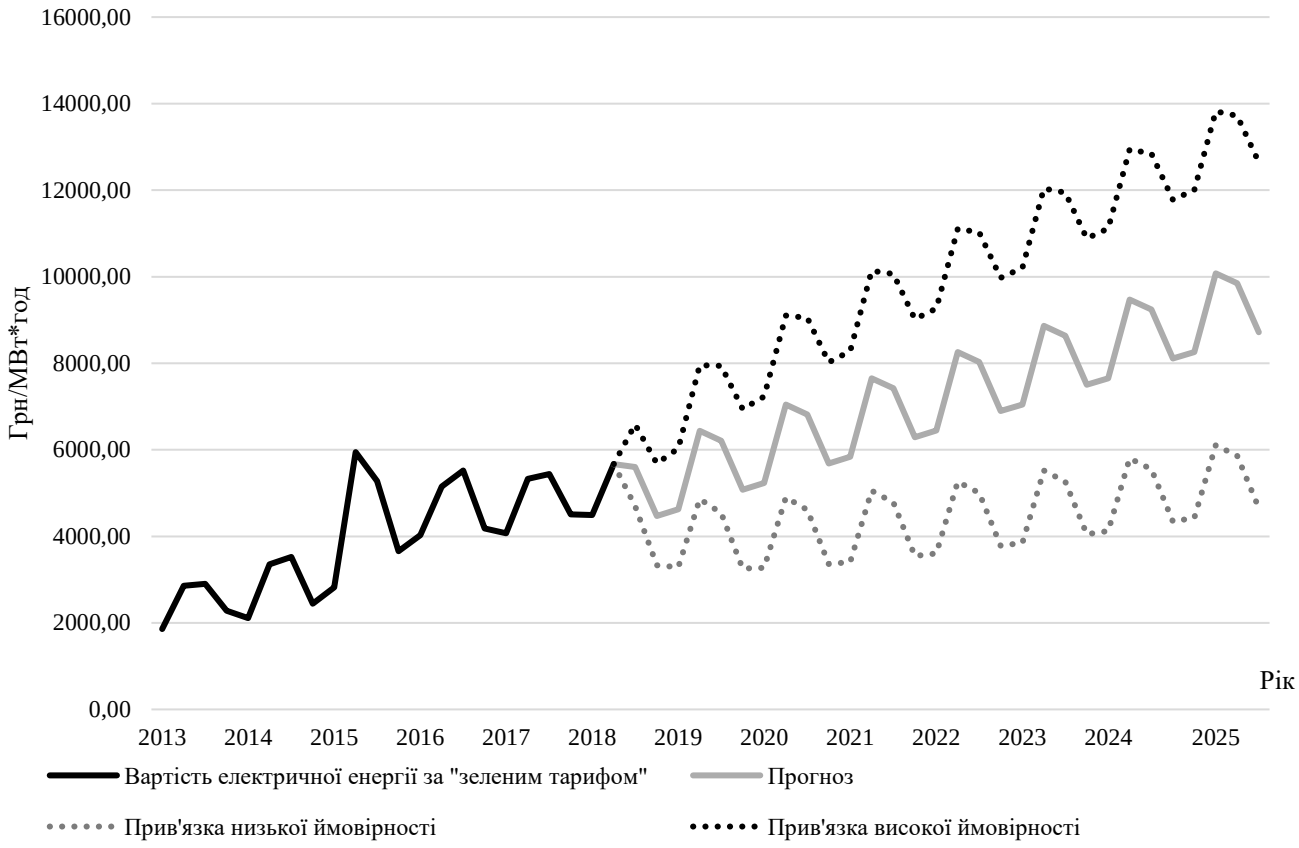


Рисунок 2.4 – Ціна на енергію для виробників, які працюють за ЗТ в період 2013 –2025 рр., грн/МВт • год (розрахунки автора)

Структурно до даного показника відносяться також СЕС, ВЕС та МГЕС, ціна за ЗТ на які, відрізняється, а самі джерела енергії мають сезонні властивості енергогенерації. Наприклад, СЕС (найбільш дорогий вид енергії) залежать від обсягів сонячної енергії, яка доходить до землі і інтенсивність даного випромінювання залежить від пори року. З цієї причини спостерігається зростання обсягів виробництва цього виду енергії у літній період і зменшення в зимовий.

У таблиці 2.20 наведені абсолютні прогнозовані значення ціни на енергоносії в період 2018–2020 рр.

На рисунку 2.5 представлені історичні та прогнозні значення до 2025 р. обсягів виробництва енергії в Україні в цілому. Прогнозні значення 2018–2025 рр. знаходяться з урахуванням сезонної складової за допомогою програмного забезпечення MS Excel.

Таблиця 2.20

Прогнозована ціна на енергоносії, грн / МВт • год

Рік	Квартал	ДП НАЕК "Енергоатом"	ГК ТЕС	ГЕС, крім ГЕС, що працюють за ЗТ	Виробники, що працюють за ЗТ	ТЕЦ та ін.
2018	3	591,92	1873,20	436,21	5643,96	2213,14
	4	609,02	1938,16	458,45	4507,97	2266,62
2019	1	626,12	2003,13	480,70	4657,98	2320,10
	2	643,21	2068,09	502,95	6410,27	2373,57
	3	660,31	2133,05	525,19	6236,25	2427,05
	4	677,41	2198,01	547,44	5100,27	2480,53
2020	1	694,51	2262,97	569,69	5250,27	2534,00
	2	711,60	2327,93	591,93	7002,57	2587,48
	3	728,70	2392,89	614,18	6828,54	2640,96
	4	745,80	2457,85	636,43	5692,56	2694,44

Розрахунок автора

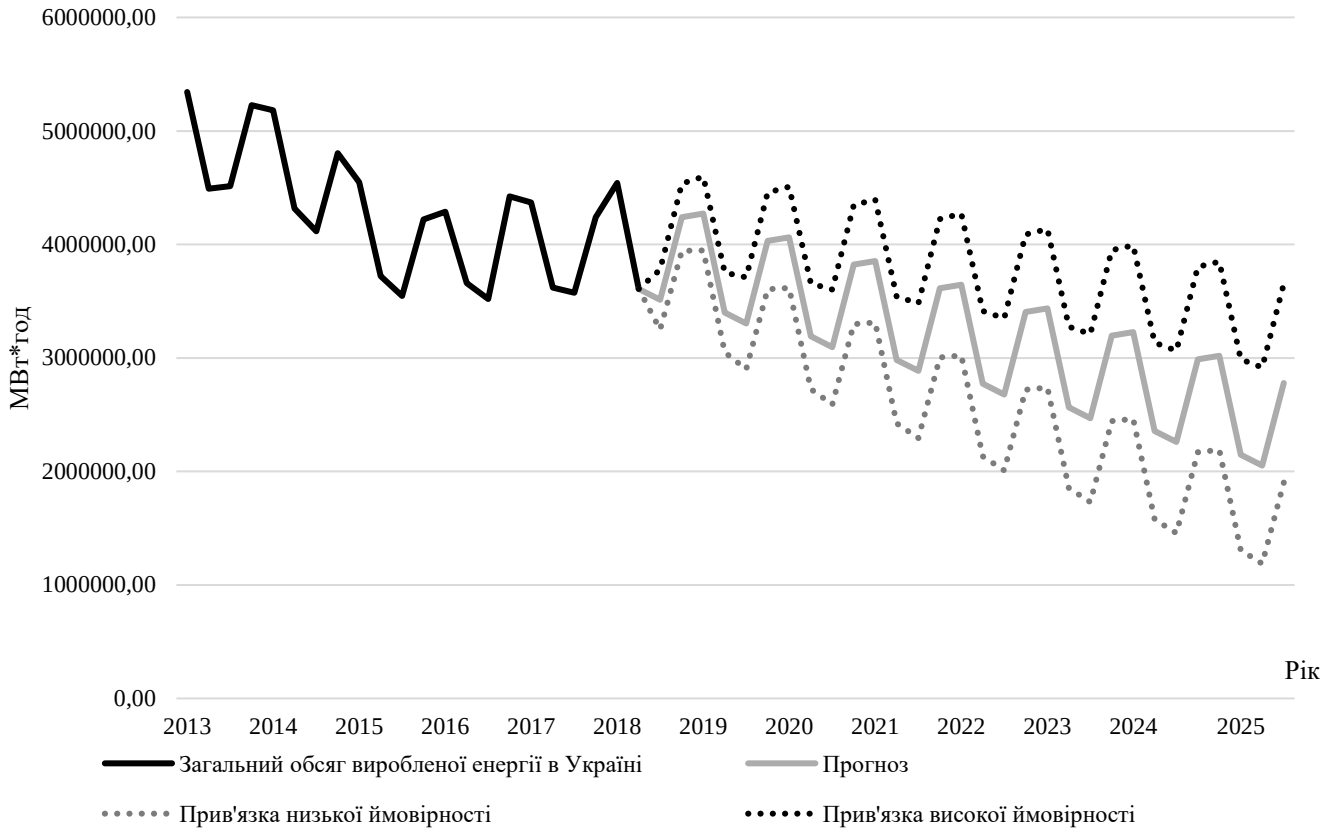


Рисунок 2.5 – Обсяги виробництва енергії в Україні в період 2018–2020 рр., МВт • год. (розрахунки автора)

Розглянемо задачу Р. Стоуна і отримаємо оптимальний розподіл енергоносіїв за їх видами до 2020 року. У порівнянні з класичною задачею, в даній постановці додано обмеження, які не дозволяють знайти аналітичне оптимальне рішення.

Знайдемо чисельне рішення задачі за допомогою програми MS Excel (Пошук рішення). Математичний вигляд обмежень має наступний вигляд (2.14).

$$\begin{cases} \prod_{i}^{n}(x_i - a_i)^{\alpha_i} \to \max \\ \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \le K; \\ \sum_{i=1}^{n} p_i x_i \ge R; \\ x_i \ge a_i; \\ x_i \le x_{i,\max}; \\ \sum_{i=1}^{n} x_i = 1; \\ x_i \ge 0 \end{cases} \qquad (2.14)$$

Складові обмеженя стосуються мінімальної та максимальної частки джерела енергії в загальній структурі енерговиробництва, максимальної та середньої ціни одиниці енергії (табл. 2.21).

Таблиця 2.21

Обмеження для моделювання енерговиробництва в Україні

№	Показники		2018		2019				2020			
			3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Мінімальна частка енергоносія, %	a_1	42,69	35,38	35,11	44,12	45,39	37,21	36,92	47,01	48,45	39,25
		a_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		a_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Максимальна частка енергоносія, %	$X_{1,\,max}$	85,32	70,71	70,18	88,18	90,72	74,38	73,79	93,95	96,83	70,00
		$X_{2,\,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70,00
		$X_{3,\,max}$	28,43	23,56	23,57	29,62	30,47	24,98	24,95	31,77	32,75	26,53
		$X_{4,\,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70,00
		$X_{5,\,max}$	42,84	35,51	37,11	46,62	47,97	39,33	39,02	49,68	51,20	41,48
3	Максимальна вартість, грн/МВт • год	K	1315,99	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.	Розрах.
				1468,84	1549,10	1600,43	1595,10	1604,47	1712,73	1763,97	1721,75	1725,43
4	Середня ціна, грн/МВт • год	R	1166,85	1202,21	1237,58	1272,95	1308,32	1343,69	1379,06	1414,42	1449,79	1485,16

У результаті рішення оптимізаційної задачі (2.13) отримуємо оптимальний розподіл енергії для споживачів за видами енергетичних джерел (табл 2.22). Наявність додаткових обмежень, у порівнянні з класичною задачею Р. Стоуна,

передбачає чисельне моделювання поставленого завдання. Максимальне значення функції корисності (цільова функція) для різних періодів дослідження залежить від відповідних обмежень і тому чисельне порівняння її значень для різних періодів не є якісним критерієм її оцінки.

Таблиця 2.22

Оптимальна структура енерговриробництва за джерелами енергії України

Рік	Квартал	Доля енергоносія					функція корисності
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
2018	3	0,5849	0,2741	0,0236	0,0398	0,0777	0,1569
	4	0,5320	0,3090	0,0266	0,0448	0,0876	0,1769
2019	1	0,5301	0,3103	0,0267	0,0449	0,0880	0,1777
	2	0,5953	0,2672	0,0230	0,0387	0,0757	0,1530
	3	0,6045	0,2612	0,0226	0,0378	0,0740	0,1495
	4	0,5453	0,3003	0,0259	0,0435	0,0851	0,1719
2020	1	0,5432	0,3016	0,0259	0,0437	0,0856	0,1727
	2	0,6162	0,2534	0,0218	0,0367	0,0719	0,1451
	3	0,6267	0,2465	0,0213	0,0356	0,0699	0,1412
	4	0,5600	0,2905	0,0250	0,0421	0,0824	0,1664

Розрахунки автора

Ураховуючи отримані відносні дані (табл. 2.22), були розраховані оптимальні обсяги виробництва енергії в кількісному еквіваленті (МВт • год) для 2020 р. (табл. 2.23).

Таблиця 2.23

Оптимальні обсяги енерговриробництва за джерелами енергії в України в 2020 р., МВт • год

Рік	Квартал	ДП НАЕК «Енергоатом»	ГК ТЕС	ГЕС, крім ГЕС , що працюють за ЗТ	Виробники, що працюють за ЗТ	ТЕЦ та ін.	Разом
2020	1	2207074	1225430	105234	177557	347801	4063097
	2	1966375	808633	69567	117115	229442	3191132
	3	1940323	763188	65947	110221	216417	3096096
	4	2140344	1110304	95551	160908	314936	3822043
Всього		8254117	3907554	336299	565801	1108597	14172367

Аналіз результатів розрахунку, наведений у табл. 2.22, демонструє, що аж до 4 кварталу 2020 року частка ДП НАЕК "Енергоатом" збільшується до 58,49% з 56%. При цьому, до 4 кварталу 2020 року прослідковується коливання обсягів поставки електроенергії за рахунок ГК ТЕС у межах від 24,65% до 31,03%. Частка ГЕС, крім МГЕС, що працюють за ЗТ, не змінюється залишаючись на рівні 2%; частка виробників, що працюють за ЗТ має коливання в межах 3,56–4,49%; частка ТЕЦ практично не змінюється і становить близько 8%. За результатами розрахунків на кінець 2020 року функція корисності дорівнює 0,1664. Також слід зазначити, що функція корисності має помітний циклічний характер: перший та четвертий квартали мають більші показники корисності на рівні 0,17, а в період другого та третього кварталу на рівні 0,14–0,15.

Знайдемо оптимальний розподіл енерговиробництва в Україні з урахуванням екологічної складової (табл. 2.12). Обмеження для знаходження оптимального розподілу базуються на даних табл. 2.21. У табл. 2.24 наведено обмеження для максимальної та середньої вартості енергоносіїв при прогнозуванні оптимальної структури енерговиробництва на період до 2020 року.

Таблиця 2.24

Обмеження для моделювання енерговиробництва в Україні з урахуванням екологічної складової

№	Показники		2018		2019				2020			
			3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Максимальна вартість, грн/МВт • год	*K*	1521,44	1575,78	1621,73	1667,67	1713,63	1759,58	1805,53	1851,48	1897,44	1943,38
2	Середня ціна, грн/МВт • год	*R*	1358,43	1398,04	1437,65	1477,27	1516,88	1556,49	1596,10	1635,72	1675,33	1714,94

В табл. 2.25 наведено оптимальнтй розподіл за видами енергії з урахуванням екологічної складової цін на енергоносії. Обмеження на частки енергоносіїв залишаються без змін. Слід зауважити, що на основі табл. 2.12 зміниться ціна кожного енергоносія та середня ціна в цілому. Робимо припущення, що зміна ціни енергоносіїв є сталою величиною протягом розрахункового періоду. Запропонований метод

оптимального розподілу обсягів енерговиробицтва в Україні дозволяє зробити прогноз на період більше 5 років, що дає можливість використовувати його при розробці стратегії розвитку енергетичного ринку країни та довгостроковому плануванні.

Таблиця 2.25

Оптимальна структура енерговриробництва за джерелами енергії в Україні з урахуванням екологічної сладової в ціні енергоносія

Рік	Квартал	Доля енергоносія,					функція корисності
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
2018	3	0,5758	0,2751	0,0221	0,0480	0,0790	0,1566
	4	0,5287	0,3102	0,0261	0,0467	0,0883	0,1769
2019	1	0,5283	0,3110	0,0264	0,0460	0,0883	0,1777
	2	0,5857	0,2681	0,0215	0,0479	0,0768	0,1527
	3	0,5895	0,2619	0,0201	0,0530	0,0754	0,1486
	4	0,5374	0,3029	0,0246	0,0485	0,0865	0,1718
2020	1	0,5368	0,3039	0,0250	0,0478	0,0865	0,1726
	2	0,6007	0,2536	0,0194	0,0535	0,0728	0,1440
	3	0,5981	0,2536	0,0192	0,0564	0,0727	0,1436
	4	0,5470	0,2945	0,0230	0,0513	0,0842	0,1659

При такому довгостроковому прогнозі було враховано об’єкти АЕС, що будуть виведені з експлуатації після чого було спрогнозовано вартість та кількість електричної енергії на період 2021 – 2025 (табл. 2.26).

Таблиця 2.26

Використані обмеження для моделювання енерговиробництва в Україні

Показники		2021				2022				2023			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Мінімальна частка енергоносія, %	a_1	33,3	43,0	44,5	35,5	35,2	46,3	47,9	37,7	37,4	50,1	52,0	40,2
	a_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Максимальна частка енергоносія, %	$X_{1,max}$	77,8	100	100	83,0	82,2	100	100	88,1	87,2	100	100	93,8
	$X_{2,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70,0
	$X_{3,max}$	25,9	33,5	34,6	27,7	27,4	36,0	37,3	29,3	29,1	39,0	40,5	31,3
	$X_{4,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	70,0
	$X_{5,max}$	39,1	50,5	52,1	41,7	41,3	54,3	56,2	44,2	43,8	58,7	61,0	47,1
Максимальна вартість, грн/МВт • г	K	1989,3	2035,3	2081,2	2127,2	2173,1	2219,1	2265,0	2311,0	2356,9	2402,9	2448,8	2494,8
Середня ціна, грн/МВт • г	R	1754,6	1794,1	1833,8	1873,4	1913,0	1952,6	1992,2	2031,8	2071,5	2111,1	2150,7	2190,3

Продовж. таблиці 2.26

Показники		2024				2025			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Мінімальна частка енергоносія,%	a_1	37,53	51,43	53,59	40,56	37,74	53,07	55,53	41,02
	a_2	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_3	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_4	0	0	0	0	0	0	0	0
	a_5	0	0	0	0	0	0	0	0
Максимальна частка енергоносія,%	$X_{1,\,max}$	92,88	100	100	100	99,31	100	100	100
	$X_{2,\,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100
	$X_{3,\,max}$	30,95	42,40	44,19	33,45	33,09	46,53	48,68	35,96
	$X_{4,\,max}$	100	100	100	100	100	100	100	100
	$X_{5,\,max}$	46,64	63,90	66,58	50,40	49,86	70,11	73,36	54,19
Максимальна вартість, грн/МВт • год	K	2540,7	2586,7	2632,6	2678,6	2724,6	2770,5	2816,5	2862,4
Середня ціна, грн/МВт • год	R	2229,9	2269,5	2309,1	2348,8	2388,4	2428	2467,6	2507,2

За наявними обмеженнями оптимальна структура енерговиробництва (табл 2.27) демонструє помірне зростання обсягів виробництва енергії з ВДЕ (x_4), зменшення екологічно небезпечних енерговиробництв – ТЕС (x_2) та ТЕЦ (x_5). Також спостерігається поступове зменшення обсягів виробництва за рахунок ГЕС (додаток В).

Таблиця 2.27

Оптимальна структура виробництва електричної енергії за джерелами на період 2019 – 2025 рр.

Рік	Квартал	Доля енергоносія,					функція корисності
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
2021	1	0,5460	0,2958	0,0233	0,0504	0,0844	0,1669
	2	0,6179	0,2340	0,0173	0,0632	0,0676	0,1333
	3	0,6262	0,2257	0,0158	0,0674	0,0649	0,1278
	4	0,5580	0,2844	0,0213	0,0550	0,0813	0,1592
2022	1	0,5568	0,2859	0,0215	0,0540	0,0818	0,1603
	2	0,6412	0,2134	0,0149	0,0693	0,0611	0,1213
	3	0,6508	0,2006	0,0135	0,0776	0,0575	0,1140
	4	0,5709	0,2719	0,0194	0,0602	0,0776	0,1513
2023	1	0,5691	0,2741	0,0198	0,0590	0,0781	0,1527
	2	0,6558	0,1985	0,0135	0,0755	0,0566	0,1131
	3	0,6811	0,1692	0,0110	0,0904	0,0483	0,0971
	4	0,5865	0,2562	0,0175	0,0670	0,0729	0,1420

Продовж. таблиці 2.27

2024	1	0,5843	0,2589	0,0177	0,0655	0,0737	0,1436
	2	0,7022	0,1508	0,0098	0,0944	0,0428	0,0874
	3	0,7182	0,1302	0,0082	0,1065	0,0369	0,0760
	4	0,6055	0,2365	0,0154	0,0757	0,0669	0,1310
2025	1	0,6027	0,2399	0,0156	0,0739	0,0679	0,1328
	2	0,6767	0,1767	0,0117	0,0850	0,0499	0,1010
	3	0,6962	0,1532	0,0097	0,0978	0,0431	0,0882
	4	0,6286	0,2118	0,0133	0,0869	0,0595	0,1176

Прогнозована структура енерговиробництва за окремими видами ВДЕ визначається пропорційно обсягам виробництва енергії кожного з видів ВДЕ (табл. 2.28, 2.29).

Таблиця 2.28

Прогнозні обсяги виробництва енергії на період 2019 – 2025 рр

Рік	**Разом за всіма джерелами,** ГВт • год/рік	**За рахунок ВДЕ,** ГВт • год/рік
2019	15 007,67	730,02
2020	14 172,37	735,63
2023	11 666,46	833,75
2025	9 995,85	847,68

Таблиця 2.29

Прогнозна структура виробництва енергії за видами ВДЕ на період 2019 – 2025 рр

Рік	**Вид ВДЕ**, ГВт • год/рік				**Разом,** ГВт • год/рік
	МГЕС	**ВЕС**	**СЕС**	**Інші**	
2019	69,86	335,97	253,15	71,04	730,02
2020	70,30	337,45	256,34	71,54	735,63
2023	77,64	377,31	298,12	80,67	833,75
2025	81,06	392,41	291,46	82,75	847,68

На кінець 2025 року найбільш вагомими джерелами ВДЕ будуть ВЕС та СЕС, тоді як МГЕС та інші матимуть приблизно однаковий обсяг виробництва електроенергії. Такий розподіл пояснюється тим, що на початку 2019 року велику відносну частку виробництва енергії з ВДЕ мають ВЕС та СЕС.

В цілому можна зробити висновок, що врахування екологічної складової дозволяє підтвердити гіпотезу стосовно необхідності розвитку та впровадження технологій ВДЕ. Під час розрахунків оптимальних значень, незважаючи на постійне зменшення загального обсягу виробництва електричної енергії з 15 000 до 9 995 ГВт • год/рік у абсолютному виразі, спостерігається збільшення абсолютного обсягу та відносної частки виробництва електричної енергії з ВДЕ. Загально світові тенденції свідчать про збільшення обсягів споживання електричної енергії щороку, проте, навіть за умов збільшення енергоспоживання в Україні його обсяг слід задовольняти за рахунок ВДЕ, що матиме позитивний екологічний, економічний та соціальний ефект.

Висновок до розділу 2

У другому розділі досліджено та удосконалено науково-методичні засади оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження ВДЕ, що дозволяє визначити негативні еколого-економічні наслідки застосування ВДЕ за етапами й фазами життєвого циклу енергетичного продукту у вигляді зменшення вартості земельних ділянок, підвищення електромагнітного та шумового забруднення й розміщення забруднених стічних вод у навколишньому середовищі. Під час розрахунку збитку від ВДЕ запропоновано враховувати розмір відверненого еколого-економічного збитку з від’ємним значенням. Відвернений збиток залежить від структури енерговиробництва та еколого-економічної вартості одиниці енергії, розраховується як сума збитків від використання традиційних джерел енергії помноженої на їх частку в загальній структурі енерговиробництва

Для розрахунку оптимальної структури енергетичного забезпечення національної економіки було використано функцію корисності Р. Стоуна із застосуванням показника еколого-економічної збиткоємності енергетичного

продукту. Урахування еколого-економічних наслідків використання ВДЕ за етапами та фазами життєвого циклу енергетичного продукту дозволило реалізувати методичний підхід до наукового обґрунтування оптимальної структури енергозабезпечення національної економіки на основі поєднання традиційних джерел і ВДЕ з урахуванням еколого-економічних обмежень, що дає можливість сформувати стратегічні напрямки енергетичного забезпечення національної економіки та додержання вимог еколого-економічної безпеки енергетичного виробництва. Водночас, у розрахунках були враховані такі обмеження, як максимальний обсяг виробництва енергії за джерелами, максимальна вартість виробленої енергії за кожним із видів джерел, за тарифом на електричну енергію. Під час визначення оптимальної структури джерел енергії спостерігається збільшення частки ВДЕ до 8,69 % у 2025 році, незважаючи на те, що загальний обсяг виробництва електричної енергії зменшується.

Результати дослідження розділу 2 відображені у працях (Глівенко & Павлик, 2016; Павлик, 2016 а; Павлик, 2017 а; Павлик, 2017 б; Павлик, … & Пімоненко, 2018; Bilan, … & Pavlyk, 2019; Жулавський, … & Горобченко, 2019; Павлик, 2016 б; Павлик & Федина, 2018; Павлик, 2018; Павлик & Люльов, 2018).

Розділ 3
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У СТРУКТУРІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КРАЇНИ

3.1. Структуроутворюючі фактори формування механізму забезпечення ефективності використання відновлювальних джерел енергії

Особливістю процесу генерації енергії з ВДЕ є те, що він характеризується складними економічними відносинами між суб'єктами господарювання та державою. Вони встановлюються та розвиваються під дією об'єктивних законів ринку та обумовлені сукупністю економіко-політичних факторів суспільного розвитку. В сучасних умовах кожна галузь енергетики, як і національна економіка в цілому, залежить від вчасно прийнятих ефективних управлінських рішень щодо використання ВДЕ, що обумовлює проведення аналізу структуроутворюючих факторів впливу на їх формування та організаційно-економічне забезпечення.

У науковій економічній літературі поняття «організаційно-економічне забезпечення» використовують у різних цілях для опису процесів вибору управлінської стратегії, цінової політики, інноваційної, інвестиційної, природоохоронної та інших видів діяльності. Одні вчені визначать організаційно-економічне забезпечення певного процесу як систему адаптації до умов зовнішнього середовища, орієнтовану на пошук і реалізацію можливостей, що забезпечать сталий розвиток та виживання системи у період трансформаційної економіки (Садеков & Цурик, 2006). Інші вчені (Семенов, Галасюк & Шикіна, 2015) вважають, що така категорія як «організаційно-економічне забезпечення» є базовою для поняття «механізм», який поєднує в собі сукупність складових елементів: економічних, правових, соціальних, політичних, інституційних, інноваційних, інвестиційних тощо. Ці елементи будуть змінюватися залежно від економічних відносин та секторальних процесів, які відбуваються у певній

суспільній формації, кожний з яких є за своєю суттю окремим механізмом управління.

Загальноприйняте розгорнуте визначення категорії «організаційно-економічний механізм» (управління), що розкриває його економічну сутність і зміст, не є досконалим. Не претендуючи на повноту наукового обґрунтування цих питань, сформулюємо основні його особливості, за допомогою яких можна визначити головні відмінні риси організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ, а також основні умови його функціонування, роль і місце в загальній системі управління екологічно-безпечним розвитком.

Використовуючи науковий доробок вітчизняних вчених, зауважимо, що управління, як відомо, є функція економічної системи, орієнтована або на збереження її основної якості (тобто сукупності властивостей, втрата яких призводить до руйнування системи) під впливом факторів зовнішнього середовища, або на виконання деякої програми, яка повинна забезпечити стійкість функціонування системи для досягнення певної мети (Кваша, 2012; Котковський, 2007; Основи, 2005; Потапенко, 2011; Сотник, 2010).

Систему, в якій реалізуються функції управління, вчені називають системою управління і виділяють у ній дві підсистеми – керуючу і керовану (Ситник, 2012). Керуюча система здійснює функції управління, керована є його об’єктом. Якщо управління здійснюється свідомо, то керована система створюється суб’єктом управління, який формує також мету та цілі управління. Відправним моментом цілепокладання є виявлення закономірностей та розробка шляхів і методів найбільш ефективного досягнення цих цілей. У практичному плані завдання полягає у розробленні та реалізації систем управління, що сприяють чіткому формулюванню цілей, здатних здійснювати системний аналіз і коригування цих цілей, задавати кількісну оцінку і реалізовувати весь комплекс робіт на всіх стадіях періоду розвитку системи (Андрєєва, 2013).

Н. Андрєєва також стверджує, що «між керуючою і керованою системами необхідні канали зв’язку. Каналом зв’язку, який веде до керуючої системі від

керованої, передається інформація про поточні значення істотних змінних об’єкта управління. Каналом зв’язку протилежного напрямку передається інформація, що управляє (керуючі впливу). Керуюча та керована системи з’єднані контуром зворотного зв’язку» (Андрєєва, 2013, С. 178–185).

Розглядаючи питання формування механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ, зауважимо, що з боку керуючої системи мають здійснюватися такі функції управління, які забезпечать найбільш ефективне досягнення цілей екологічної безпеки в процесі енергозабезпечення розвитку економіки. В даному випадку тільки держава може виконувати такі завдання, оскільки вона відіграє «специфічну і важливу роль – володіє інститутами розвитку» (Кіндзерський, 2016, С. 262).

Ю. Кіндзерський стверджує, що, особливості функціонування державних підприємств дозволяють здійснювати свою діяльність на неприбутковій основі (за умови, якщо вони не розглядаються як основні донори бюджету), повністю реінвестуючи отримані прибутки у розширення і модернізацію виробництва, створюючи потужні екстернальні ефекти для суміжних секторів. Крім цього, вони мають значно більший горизонт планування, ніж приватний сектор, тобто у вибудовуванні своєї діяльності фактор поточної короткострокової і мінливої кон’юнктури для них не має вирішального значення, що дозволяє зосередитись на досягненні довгострокових стратегічних завдань.

Значний внесок у розвиток теорії та методології питань механізмів екологізації розвитку систем різних рівнів зробили: Н. Андрєєва, О. Веклич, Л. Жарова, А. Жулавський, Л. Мельник, Є. Мішенін, О. Теліженко, І. Туган-Барановський, С. Харічков, М. Хвесик, Є. Хлобистов, В. Потапенко та ін. Роль державного управління в розвитку ВЕ висвітлено в наукових працях Д. Бондаренко, В. Велигорського, О. Дудченко, В. Шевченко та ін. Так, за думкою Є. Хлобистова, «економічними механізмами (інструментами) екологічної політики є комплекс організаційних, нормативних та правових заходів, спрямованих на оптимальну взаємодію економіки та НС по відношенню до людини. Іншими словами, це система державного стимулювання, попередження та обмеження

різноманітних видів діяльності, пов’язаної з небезпечним для людини впливом на навколишнє середовище» (Хлобистов, 2006).

При цьому, треба зауважити, що на сьогодні сформувалися нові вимоги до організаційно-економічного механізму управління у сфері енергетики, які пов’язані з процесами її екологізації та потребують подальшого опрацювання, а саме: визначення критеріїв еколого-ефективного розвитку енергетики з ВДЕ (еколого-економічної збиткоємності генерації енергії з ВДЕ) та визначення еколого-економічних переваг окремих видів ВДЕ з метою забезпечення екологічної безпеки країни.

Вплив, який істотно здійснюється на основний показник функціонування об’єкта управління (еколого-економічну збиткоємність генерації енергії з ВДЕ) повинен вимірюватися і контролюватися. Для оцінки ступеня керованості об’єкта необхідно знати вхідні, вихідні та внутрішні впливи (Андрєєва, 2006). Стан об’єкта управління (тобто еколого-ефективний розвиток енергетики з ВДЕ певного типу) в будь-який момент часу тут залежить від його попередніх станів, впливів зовнішнього середовища та управлінських впливів.

Необхідно зауважити, що будь-які організаційно-економічні механізми регулювання еколого-економічної діяльності за такою схемою в економічних системах не діють автоматично. Відсутність автоматизму функціонування економічних систем управління є їх відмінною рисою і обумовлює багато специфічних вимог до організації цих систем управління, визначення його якості та, що особливо важливо, висуває проблему мотивації і стимулювання.

Керуюча система (суб’єкти управління) являє собою орган переробки інформації про стан об’єкта управління, зовнішнього і внутрішнього середовища функціонування системи управління в управлінський вплив та здійснює контроль за результативністю використання ВДЕ. Залежно від умов та цілей управлінські впливи можуть приймати різноманітну форму. При управлінні складними енергетичними системами їх сукупність досить повно, хоча і невичерпно, охоплюється поняттям організаційно-економічний механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ. Сукупність управлінських дій має бути

раціонально розподілена у часі відповідно до конкретної інформації про стан об’єкта управління і зовнішніх впливів середовища.

Аналіз результатів наукових досліджень, накопиченого практичного вітчизняного та зарубіжного досвіду дозволяє в загальному вигляді сформулювати економічну сутність і зміст організаційно-економічного механізму підвищення ефективності використання ВДЕ, адекватного особливостям формування ринкових відносин в рамках економіки України.

Організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни в нашому розумінні – це цілісна сукупність цілей і стимулів, методів і видів підвищення ефективності використання ВДЕ, що дозволяє перетворити потоки матеріально-речових, фінансових і нематеріальних ресурсів у рух засобів виробництва енергії з отриманням кінцевих результатів розвитку відновлюваної енергетики, націлених на завдання і пріоритети екологічної безпеки держави.

Таким чином, організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни повинен перетворити рух суспільних потреб у рух коштів і еколого-економічних результатів виробництва енергії. На національному рівні необхідним є удосконалення механізму використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни з урахуванням екологічного фактору як для підвищення ефективності функціонування ВДЕ, так і для забезпечення екологічної безпеки країни. Складові такого механізму мають відповідати особливостям формування нових еколого-економічних умов у процесі нарощення обсягів впровадження ВДЕ та бути адекватним інтересам стейкхолдерів. На основі наукових досліджень (Андрєєва, 2006; Хлобистова, 2006) нами визначено, що вхідним базовим фактором запропонованого механізму є цілісність економічної системи енергозабезпечення країни за рахунок розвитку ВДЕ, а вихідним фактором визначено еколого-економічну результативність функціонування цієї системи. Суто екологічна результативність нами розуміється як зменшення еколого-економічної збиткоємності генерації енергії з ВДЕ, на яку може здійснюватися вплив інноваційного характеру завдяки покращенню технік та

технологій генерації енергії з ВДЕ. Економічна результативність для держави базується на вартості виробництва енергії з ВДЕ. Сучасні технології мають стійку тенденцію до здешевлення за рахунок впровадження інноваційних матеріалів та технологій, тому витрати на генерацію енергії з ВДЕ також з часом будуть змінюватися. Про це свідчить дослідження науковців Інституту економіки та прогнозування Національної академії наук України, які за підтримки Представництва Фонду ім. Гайнріха Бьолля в Україні у співпраці з організаціями громадянського суспільства, органами державної влади, профільними асоціаціями та незалежними експертами, здійснили оцінку моделювання базового та альтернативних сценаріїв розвитку енергетичного сектору України до 2050 року та показали напрями досягнення розвитку генерації ВДЕ. Представлені результати дозволяють отримати інформацію щодо різних сценаріїв розвитку ВДЕ: «консервативного», «ліберального» та «революційного». Так, за революційного сценарію частка ВЕС у структурі виробництва електроенергії може сягнути 45%, а СЕС – 36%. Експерти у галузі енергетики з ВДЕ зазначають, що «виробництво електроенергії до 2050 р. здійснюватиметься усіма наявними на сьогодні в Україні ВДЕ-технологіями, оскільки вони стрімко здешевлюються і вдосконалюються. Найбільш перспективним серед них є технології вітрової та сонячної енергетики (Перехід, 2017; С. 44–56).

Зауважимо, що наведені оцінки не враховують екологічних втрат від виробництва засобів отримання енергії з ВДЕ, що робить такі прогнози недосконалими з точки зору суспільної значущості. На наш погляд, еколого-економічна результативність розвитку ВДЕ полягає у нарощуванні обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням зменшення еколого-економічного збитку за рахунок інноваційних технологій. Узагальнену схему формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ наведено на рис. 3.1.

Рисунок 3.1 – Узагальнена схема формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ (авторська розробка)

Поділяючі думку авторів вказаного наукового доробку, зазначимо, що головна мета досягнення Україною переходу на 90% ВДЕ у кінцевому споживанні до 2050 року, може мати суттєві переваги як для економіки, так і для суспільства в цілому, але залежить від вчасно розробленої та здійсненої державної стратегії розвитку енергетичного сектору. Така стратегія у свою чергу базується на прийнятті управлінських рішень щодо фінансової підтримки галузі на основі ефективності використання ВДЕ та систем економічних інструментів, які

формують та дозволять зберегти економічний інтерес стейкхолдерів до виробництва електроенергії за допомогою ВДЕ.

Методи і інструменти управлінських впливів є сукупністю економічних, організаційних, правових, соціальних та інших норм і нормативів в організаційно-правовій формі, які забезпечують взаємоузгодження цілей суб'єктів управління всіх рівнів з урахуванням мотивів різного характеру. Виходячи з вищевикладеного, дамо наступне більш розгорнуте визначення категорії організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ, стосовно екологічно необхідної сфери функціонування ВДЕ.

Організаційно-економічний механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ – це сукупність виражених в організаційно-правовій формі економічних, адміністративних, юридичних, технологічних, екологічних і соціальних норм, за допомогою яких закріплюються економічні відносини в енергетичній сфері, узгоджуються економічні і екологічні цілі екологічно безпечного розвитку ВЕ, формуються мотиви і здійснюється розробка управлінських рішень, спрямованих на перетворення матеріально-речових, фінансових і нематеріальних ресурсів в рух засобів виробництва енергії з отриманням суспільно необхідних кінцевих еколого-економічних результатів.

З урахуванням того, що процес генерації енергії від певного виду ВДЕ має специфічні особливості, завдання використання зазначеного організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ більш складне. По-перше, контроль за результативністю використання ВДЕ має здійснюватися як на державному, так і на регіональному рівні, і передбачає ряд послідовних блоків управління певним видом ВДЕ; по-друге, на розвиток кожного виду ВДЕ як на об'єкт управління дуже впливають різновекторні фактори і змінні зовнішнього середовища.

Аналіз різних форм організації процесу впровадження ВДЕ в Україні дозволяє стверджувати про тенденцію, яка впливає на ускладнення організаційних форм управління процесом ефективного розвитку ВДЕ. Спостерігається стійка тенденція включення задач підвищення ефективності використання ВДЕ,

одночасно в сферу державного, регіонального і галузевого управління з посиленням впливу макроекономічних управлінських рішень. При цьому, в умовах зниження вартості енергії з ВДЕ, державні та приватні інвестори стикаються не тільки з економічними можливостями, що виникають при масштабуванні використання ВДЕ, а й з певними викликами (Перехід, 2017). Так як управління є цілеспрямованим процесом підвищення ефективності використання ВДЕ, то воно передбачає визначення на основі наявних тенденцій такої сукупності найбільш істотних зв'язків, при якій поведінка об'єкта управління набуває бажаний характер. Тому, доцільним і необхідним є наявність інформації стосовно якісних даних не тільки про витрати та ефективність технологій ВДЕ виражених у грошовій формі, а також зростання обсягів виробництва енергії за рахунок ВДЕ у фізичному вимірі. Це передбачає встановлення глобальних, регіональних і локальних, економічних і екологічних критеріїв на всіх рівнях управління; виявлення чинників, що впливають на ефективність використання ВДЕ у їх зв'язку і взаємодії; об'єднання різних форм і методів управління в єдину цілісну систему.

Таким чином, роль організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ обумовлюється його місцем в загальній системі управління, а також сферою дії організаційно-економічного механізму управління державними програмами в сфері ВЕ в загальній екологічно безпечній діяльності держави.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що зазначений механізм повинен розглядатися комплексно у питаннях управління загальної та екологічно орієнтованою діяльністю підприємств в сфері ВДЕ. Конкретні форми регулювання розвитку економічних відносин у сфері використання ВДЕ, а також форми і методи організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ з метою сталого розвитку країни є одночасно як об'єктивними економічними та екологічними категоріями, і повинні свідомо використовуватися як інструменти й важелі регулювання економіки. У той же час економічні, адміністративні, організаційні, інституційні та соціально-психологічні інструменти необхідно використовувати як в якості регуляторів розвитку енергетики в рамках концепції

сталого розвитку, так і в якості інструментів ефективного функціонування організаційно-економічного механізму забезпечення екологічно безпечного розвитку ВЕ.

Таким чином, організаційно-економічний механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ вельми складна та багатопланова категорія. Він включає конкретні форми організації процесу підвищення ефективності використання ВДЕ, систему нормативно-законодавчих актів, організаційно-економічних відносин, фінансово-економічних зв'язків, а також форми і методи управління еколого-економічним збитком від використання ВДЕ.

Це свідчить про те, що суто процес використання ВДЕ сам по собі не може бути дієвим і ефективним інструментом переведення економіки на шлях екологічно безпечного розвитку, а повинен бути доповнений відповідним організаційно-економічним механізмом його ефективної реалізації. Можна зробити висновок, що організаційно-економічний механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни являє собою важливу складову практичної реалізації державної екологічної політики. З метою здійснення управлінських впливів на функціонування ВЕ необхідно розуміти змістовні характеристики факторів впливу на забезпечення розвитку ВДЕ. Цей аналіз наведено в табл. 3.1.

Отримані результати свідчать, що аналіз факторів впливу на забезпечення розвитку ВДЕ з одного боку сприяє розумінню особливостей використання ВДЕ для всіх стейкхолдерів (в т.ч. для інвесторів), а також забезпечить проведення оцінки потенціалу проектів ВДЕ з позиції інвестицій в сектор енергетики.

Статистичні дані свідчать, що починаючи з 2012 року, ВДЕ становили більше половини новозбудованих електрогенеруючих потужностей в світі (Аналітичний, 2018). Генерація електроенергії з ВДЕ склала четверту частину від загального обсягу виробництва електроенергії, чому сприяє активна державна політика, націлена на боротьбу із глобальними змінами клімату, а також стрімкі технологічні покращення разом із підвищенням ефективності використання ресурсів та енергії (Аналітичний, 2018).

Таблиця 3.1

Склад факторів впливу на забезпечення розвитку ВДЕ

№ з/п	Назва фактору	Зміст фактору
1	Нематеріальні витрати	Ліцензійні платежі, витрати на обслуговування, абонентська плата за нематеріальні активи, витрати на винагороду за використання авторських прав тощо
2	Паливні витрати	Рентна плата за спеціальне використання води для потреб гідроенергетики для малих ГЕС. Рентна плата залежить від об'єму води, що пропускається через турбіни.
3	Інвестиційні витрати	Вартість передпроектних робіт щодо впровадження ВДЕ, вартість обладнання виробництва енергії з ВДЕ, приєднання до енергетичних мереж, монтаж енергетичних об'єктів ВЕ та ліквідаційні витрати об'єктів ВЕ (при знятті з експлуатації).
4	Операційні витрати	Експлуатаційні, адміністративні витрати, а також витрати на страхування. У довгостроковому періоді відбувається зростання витрат у номінальних величинах через інфляційні процеси.
5	Податки	Для визначення оподаткованого прибутку величина доходів розраховується виходячи із величини ЗТ для окремих проектів, введених у кожному році.
6	Вартість капіталу	Найрозповсюдженішим методом розрахунку вартості капіталу для проектів ВДЕ є середньозважена вартість капіталу WACC (weighted-average cost of capital), який включає аналіз частки боргового капіталу, частки власного капіталу, вартість боргового капіталу, вартість власного капіталу, ставку податку на прибуток.
7	Генерація енергії	Генерація електроенергії станції розраховується виходячи із коефіцієнту використання встановленої потужності та номінальної потужності станцій.
8	Рівень деградації	Для кожної з технологій ВДЕ характерне зменшення ефективності роботи обладнання із часом. Сонячні модулі втрачають до 1% від номінальної потужності щороку, залежно від року випуску. Знос лопастей вітрогенераторів знижує максимальну потужність з роками. Знос характерний для рухомих частин характерний для гідроагрегатів та турбін, що використовуються на теплових станціях.

* складено автором на підставі узагальнення (European, 2013; Перехід, 2014; Аналітичний, 2018)

Як уже зазначалося, важливим фактором розвитку ВДЕ є витрати на генерацію енергії з ВДЕ. Вартість виробництва енергії з ВДЕ не є суто ринковою, а ціна, як економічний індикатор створеної цінності, не відображає для них реальний стан розвитку галузі. Вчені вважають, що це створює певні складнощі при здійсненні аналізу цін на електроенергію з різних джерел ВДЕ, оскільки часто генерація з ВДЕ не є прямим учасником конкурентного ринку.

З метою адекватного функціонування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективного розвитку ВДЕ необхідно враховувати ринкові дані поточної вартості всіх витрат для виробництва однієї одиниці енергії.

У світовій практиці використовується показник приведеної вартості виробленої енергії, який поєднує всі види витрат та дозволяє спростити аналіз вартості генерації енергії. Він використовується для первинного порівняння вартості енергії, виробленої за допомогою різних технологій, в тому числі й ВДЕ. В той же час, цей показник не є кращим параметром для визначення оптимального місця кожного типу генерації в енергетичному балансі у середньо- та довгостроковому періоді (Аналітичний, 2018; стор. 2). На наш погляд, він дозволяє порівнювати економічний потенціал ВДЕ-технологій тільки в межах однієї країни, а отримані розрахунки витратної частини впровадження ВДЕ можуть бути базою формування прогнозних моделей в енергетичному секторі.

Зниження вартості генерації енергії притаманно всім країнам. Падіння цього показника для сонячної генерації в Україні на 71% співпадає зі світовими трендами (Аналітичний, 2018; стор. 5). Зниження вартості електроенергії з використанням малої гідрогенерації також є перспективним для України. Проте, більшість малих ГЕС в Україні потребують реконструкції та модернізації, а нові станції будуть характеризуватись вищими капітальними витратами. Наведені розрахунки (Аналітичний, 2018) свідчать, що електроенергія з малих ГЕС є найдорожчою з усіх відновлюваних джерел в Україні, рис 3.2.

Аналіз показує, що порівняно з традиційними видами палива, впровадження ВДЕ-технологій потребує значних капітальних вкладень. Проте, значну частину приведених витрат тих технологій, які пов’язані з ціною на викопне паливо

складають постійні витрати на закупівлю палива. В той же час, впровадження джерел сонячної, вітрової, гідро- та геотермальної енергії не мають витрат на пальне, але характеризуються значними капітальними витратами (Evrostat).

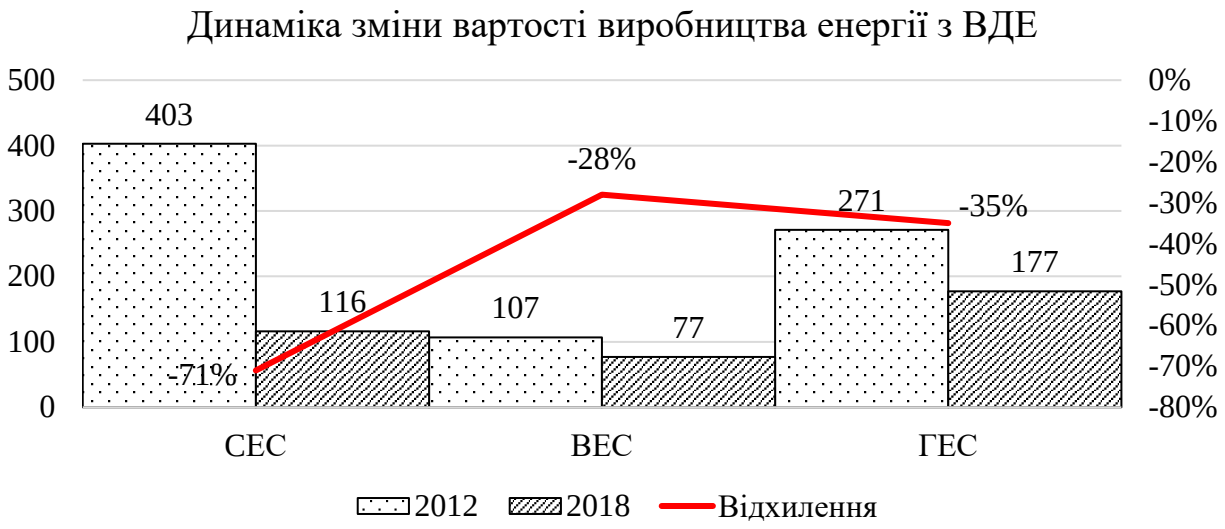


Рисунок 3.2 – Приведена вартість основних видів ВДЕ в Україні складено автором на основі (Аналітичний, 2018)

З урахуванням вищевикладеного, систематизуємо основні вимоги, яким повинен відповідати організаційно-економічний механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ. По-перше, організаційно-економічний механізм повинен бути зорієнтований на економіко-екологічний результат. Він повинен включати таку систему інструментів, яка сприяла б забезпеченню збалансованості цілей всіх учасників ринку ВДЕ щодо досягнення всієї сукупності економічних і екологічних цілей суб'єктів управління, заснованих на різних формах власності на всіх рівнях управління і пов'язаних із задоволенням загальнонаціональних потреб. Разом з тим, в організаційно-економічний механізм повинна бути закладена можливість державного регулювання екологічних пріоритетів розвитку ВДЕ, особливо тих, які випливають із забезпечення загальнодержавних інтересів.

Всі ці цілі динамічні, взаємопов'язані з часом і коштами їх досягнення. Вони повинні бути збалансовані не тільки по інвестиційним ресурсам, а й враховувати особливості розвитку природно-ресурсної складової економіки країни. Досягнення

будь-якої з поставлених цілей повинно бути в рівній мірі ефективно як на народногосподарському рівні, так і на рівні регіонів, галузей, підприємств.

В іншому випадку можливе зміщення пріоритетів, інтересів учасників процесу розвитку ВДЕ і відповідно появи ряду дестабілізуючих факторів, які впливають на ефективність функціонування ВЕ і кінцевий інвестиційний результат.

По-друге, організаційно-економічний механізм повинен узгоджуватися з об'єктивно існуючою суперечливістю інтересів домогосподарств, заснованих на всіх законодавчо закріплених формах власності, як між собою, так і між ними і державою. Тому потрібно сформувати порядок застосування того чи іншого стимулювального інструментарію, спрямованого на екологічну мотивацію з урахуванням його впливу на поведінку конкретних суб'єктів господарювання, до яких застосовується той чи інший стимулюючий вплив.

По-третє, організаційно-економічний механізм повинен включати такі способи впливу на інвестиційний процес на всіх стадіях ЖЦ ВДЕ, які стимулювали б, з одного боку, прагнення всіх учасників-інвесторів до максимально можливого в конкретних умовах збільшення ступеня досягнення екологічних цілей, з іншого боку, прагнення до мінімально необхідного для цього залученню в інвестиційний процес кількості інвестиційних ресурсів. Організаційно-економічний механізм повинен сприяти підвищенню ефективності використання інвестицій у сферу ВЕ.

По-четверте, організаційно-економічний механізм повинен бути пристосований до використання організаційно-правових та економічних методів управління, що пропонують економічну самостійність і відповідальність суб'єктів управління в питаннях визначення (в межах своєї компетенції) цілей, шляхів і засобів для досягнення, економічної і юридичної відповідальності за результатами своєї діяльності. Організаційно-економічний механізм повинен включати в себе систему економічних і організаційних регуляторів взаємовідносин між усіма учасниками процесу розвитку ВДЕ на всіх рівнях управління, спрямованих на екологізацію їх господарської діяльності.

Формування організаційно-економічного механізму, що відповідає сформульованим вище вимогам, не може розглядатися як одноразова дія. Це складний багатоетапний процес, в ході якого повинні проводитися глибокі дослідження і опрацювання можливих наслідків реалізації тих чи інших нормативних актів. Головне полягає в тому, що ігнорування зазначених принципових вимог, що пред'являються до організаційно-економічного механізму підвищення ефективності використання ВДЕ, які природно повинні бути доповнені, розширені і конкретизовані стосовно до конкретних умов зовнішнього і внутрішнього середовища з урахуванням специфіки типу ВДЕ, може в тій чи іншій мірі вплинути ка кінцевий результат ефективного розвитку галузі.

У роботу органів управління повинна обов'язково увійти практика здійснення імітаційного моделювання функціонування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності розвитку ВДЕ, що дозволяє аналізувати можливі ситуації й прогнозувати множину варіантів поведінки учасників ринку ВДЕ залежно від показників та факторів впливу ринку ВДЕ, які враховують екологічні, інвестиційні ризики на тому чи іншому рівні управління і спрямованості стимулюючих впливів (рівні і стабільності цін, податкових ставках, нормативах плати за ресурси, величин процентних ставок за користування кредитом тощо). Важливо виділити головні причинно-наслідкові зв'язки, що виникають на різних рівнях управління і призводять до зміни поведінки учасників ринку ВДЕ.

Вихідним пунктом для розробки концепції формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ є сучасна парадигма сталого розвитку і управління в інвестиційній сфері господарювання. Сучасна парадигма підвищення ефективності використання ВДЕ, закладена в основу концепції, повинна мати не організаційно-розпорядчий, а економіко-правовий характер з законодавчо-правовим забезпеченням збалансованості інтересів всіх зацікавлених сторін, узгодження економічних і екологічних цілей для досягнення кінцевих програмних економіко-екологічних результатів.

Принципові відмінності сфер інтересів стейкхолдерів процесу екологічно-безпечного розвитку ВДЕ представлена у табл. 3.2.

З цього випливає, що розкид інтересів учасників процесу ефективного використання ВДЕ досить широкий: від чисто утилітарної потреби інвесторів отримати максимальний дохід від вкладених інвестиційних ресурсів до концептуального завдання держави – підвищення економіко-екологічної ефективності економіки, переведення її на шлях сталого розвитку.

Таблиця 3.2

Інтереси та цілі держави та учасників-інвесторів*

Цілі державних стейкхолдерів	**Цілі приватних стейкхолдерів**
1. Гарантії отримання високих соціально-економічних та екологічних результатів від реалізації програм і проектів. 2. Управління доходами, щоб запобігти високій ціні. 3. Оплата (повернення) коштів учасникам-інвесторам в залежності від результату 4. Забезпечення координації з поточним і майбутнім економічним та екологічним законодавством залежно від ситуації 5. Використання програмних і проектних активів для максимізації соціально-економічних та екологічних результатів (пільг) для країни 6. Делегування ризиків (соціальних, економічних, екологічних і т. д.), пов’язаних з впровадженням програм і проектів ВДЕ на їх учасників 7. Підвищення екологічної ефективності економіки 8. Регулювання інвестиційного процесу	1. Мінімізація одноразових та поточних витрат 2. Максимізація прибутку 3. Надання позитивного грошового потоку 4. Стабілізація законодавчого та правового середовища та створення стабільної нормативно-правової бази 5. Отримання права на використання активів програм і проектів в максимально великих обсягах та максимізація свого прибутку 6. Перекладення ризиків на уряд та/або інших учасників 7. Завоювання ринку

* складено автором

Це є певною мірою, наслідком того, що всі інвестори поділяються на чотири групи: 1. рантьє; 2. акціонери; 3. підприємці; 4. держава. Інтереси стейкхолдерів процесу забезпечення ефективності використання ВДЕ, як правило, не збігаються один з одним, вступають в протиріччя і вимагають відповідного механізму їх узгодження. Для інвесторів інтереси можуть бути такі: отримання максимального прибутку; завоювання ринків збуту; покращення іміджу та підвищення конкурентоспроможності. Для підприємств: отримання початкового капіталу; збільшення оборотності капіталу; модернізація підприємства; підвищення якості виробництва; вихід на нові ринки збуту (в тому числі міжнародні); підвищення конкурентоспроможності продукції та підприємства. Інтересами держави можуть бути: підвищення екологічної ефективності економіки; реалізація пріоритетних програм розвитку галузі; покращання якості життя населення; регулювання інвестиційного процесу. Формування ефективного організаційно-економічного механізму забезпечення розвитку ВЕ дозволить за допомогою поєднання важелів ринкового та державного регулювання досягти збалансування інтересів учасників інвестиційного процесу та досягнення цільового еколого- економічного результату з мінімальними витратами інвестиційних ресурсів.

В досліджуваній сфері діяльності задіяно значно більшу кількість зацікавлених юридичних і фізичних осіб, які беруть участь в інвестиційному процесі у вигляді, наприклад, учасників-посередників, учасників власників первинних і залишкових ризиків, громадськості тощо. Важливішу і більш різноманітну роль відіграє держава. Вона виступає не тільки в ролі інвестора, а й споживача інвестиційних ресурсів, а також продукції, робіт і послуг об’єктів інвестиційної інфраструктури. Крім того, вона є власником частини державного майна і як власник вступає в правовідносини власності. Тому цілі (в рамках реалізації проектів ВДЕ) держави і інших стейкхолдерів дещо різняться.

Держава (державні органи влади та управління) повинні балансувати конкуруючі інтереси і забезпечити:

1. Управлінську автономність, щоб отримувати додатковий прибуток за рахунок розвитку здорової конкуренції та соціально-екологічних пріоритетів розвитку держави, а не вільного доступу до національних багатств;

2. Додержання законів ринкових відносин, закріплених відповідними законодавчо-правовими нормами, а не шляхом адміністративного втручання в екологічно орієнтовану інвестиційну діяльність;

3. Дотримання антимонопольного режиму, виключивши монопольний вплив домінуючих недержавних структур.

Таким чином, запорукою ефективного розвитку ВДЕ є той факт, що запропонований у роботі підхід до побудови організаційно-економічного механізму підвищення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни відрізняється від існуючих врахуванням економічного інтересу стейкхолдерів до виробництва електроенергії за допомогою ВДЕ та еколого-економічного інтересу держави в процесі впровадження ВДЕ. З одного боку, стейкхолдери, які зацікавлені у прозорому ринку енергоресурсів впливають на формування вхідних умов для реалізації системи солідарної співпраці з державою у досягненні стратегічних планів щодо розвитку ВДЕ, а з іншого боку – результати впроваджуваної практики щодо оцінки еколого-економічної збиткоємності генерації енергії з ВДЕ дозволяють отримати соціально-економічний (при зменшенні обсягів імпорту ресурсів) та еколого-економічний ефекти (при зміні видобутку традиційних енергетичних ресурсів та інноваційному розвитку технологій отримання енергії з ВДЕ) для всіх стейкхолдерів.

З метою забезпечення екологічної безпеки та врахування економічного інтересу стейкхолдерів до виробництва електроенергії за допомогою ВДЕ в загальній системі енергозабезпечення запропоновано розраховувати нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ, який з економічної точки зору інтерпретується як еколого-економічна збиткоємність генерації одиниці енергії за рахунок ВДЕ:

$$Ef_{(U_j)} = \left\{ \left[V_j^n - V_j^{n-1}\right] \bullet \frac{\sum_{m=1}^{5} \frac{I_{mj} + P_{mj} + P_{mj}^{eco} + In_{mj} + In_{mj}^{eco} + K_{mj}}{(1+i)^m}}{\sum_{m=1}^{5} \frac{W_{mj}}{(1+i)^m}} \right\} \bullet \frac{1}{U_j^m} \rightarrow max, \quad (3.1)$$

де $Ef_{(U_j)}$ – нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ за період m, МВт • год; V_j^n – обсяг генерації енергії j-го виду ВДЕ за період n, МВт • год; V_j^{n-1} – обсяг генерації енергії j-го виду ВДЕ за період $n-1$, МВт • год; I_{mj} – інвестиційні витрати на створення потужностей генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; P_{mj} – податкові платежі на етапі створення потужностей генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; P_{mj}^{eco} – екологічні платежі при генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; In_{mj} – інвестиційні витрати на інноваційний розвиток потужностей генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; In_{mj}^{eco} – інвестиційні витрати на розвиток технологій для захисту навколишнього природного середовища при генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; K_{mj} – компенсаційні витрати при генерації енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, грн; W_j – генерація енергії за рахунок j-го виду ВДЕ в році m, МВт • год; U_j^m – еколого-економічний збиток від j-го виду ВДЕ в період m, грн/МВт • год; i – ставка дисконтування, %; m – період розрахунку обсягів генерації енергії за рахунок ВДЕ, дорівнює п’яти рокам.

Таким чином, цілі організаційно-економічного механізму забезпечення екологічно безпечного розвитку ВДЕ значною мірою залежать від економічної і інвестиційної політики держави, інвестиційної політики і стратегії, прийнятих на макрорівні. Це також обумовлено залежністю від політико-економічного курсу держави; структурними змінами в економіці, в тому числі в рамках її екологізації, сучасним станом рівня розвитку економіки та наявних ризиків.

Розгляд умов, що визначають економічну і організаційну доцільність делегування ризиків різним суб’єктам господарювання, дозволяє визначити сфери

діяльності, за допомогою яких реалізуються делегування ризику (Андрєєва, 2006). Виділення цих сфер діяльності призводить до розширення суб'єктів управління. Виділені сфери і встановлені суб'єкти господарювання забезпечують:

– екологізацію виробничого процесу (за допомогою впровадження еко-лізингових форм співпраці, логістичних систем екологізації і процесів організації матеріально-технічного забезпечення підприємств та ін.);

– виявлення і градацію фінансових потреб в екологічно орієнтованому інвестуванні (за допомогою: фінансово-кредитного обслуговування, що здійснюється банками та іпотечними фондами; страхового обслуговування, що здійснюється страховими товариствами і т. д.);

– реалізацію екологічно орієнтованої інноваційно-інвестиційної політики (за допомогою: науково-дослідних інститутів, проектних організацій, дослідно-конструкторських бюро);

– пристосовність до змінних економічних і екологічних законодавчих, нормативно-правових та економічних умов (за допомогою: юридичного, аудиторського, інформаційного та інших видів обслуговування інвестиційного процесу).

Делегування ризиків, які властиві екологічно орієнтованим інвестиційним процесам, забезпечує велику пристосовність об'єктів інвестування до зовнішнього середовища, підсилює зв'язок системи управління інвестиціями з усіма елементами економічної та екологічної систем (Андрєєва, 2006).

Наведений у літературі принцип формування системи підвищення ефективності використання ВДЕ дозволяє визначити ступінь доцільного впливу на організаційно-економічні зв'язки власне в інвестиційному процесі і конкретні управлінські дії відповідно до економічної та екологічної ситуації на певних етапах розвитку національної економіки і міжнародних відносин.

Цілі організаційно-економічного механізму взаємообумовлені з його завданнями, які в свою чергу є більш стійкими, оскільки відображають змістовну сторону процесу розвитку ВЕ. Завдання запропонованого механізму можна поділити на власне управлінські та завдання державного регулювання.

Принципи формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ можливо диференціювати згідно головних факторів управління – механізму, процесу і системи управління. На основі наукового доробку вчених необхідно зупинитись на розкритті змістовної сутності даних принципів. Згідно з механізмом управління:

– принцип опори на екологічну свідомість, який повинен формуватися і розвиватися в процесах екологізації. Саме в свідомості людини ховаються можливості використання найбільш ефективних засобів впливу, тобто механізму управління. Однак найбільш важливими характеристиками свідомості є інтереси, цінності і мотиви діяльності. Від їх системи залежить досягнення мети;

– принцип мотивування екологічної діяльності. Його суть полягає в переважному використанні засобів мотивації, спрямованих на вирішення екологічних проблем;

– принцип превентивності виникнення економіко-екологічних проблем у сфері використання ВДЕ. Весь механізм підвищення ефективності використання ВДЕ повинен бути зорієнтованими на першочергове впровадження заходів, спрямованих на попередження кризових екологічних ситуацій.

Згідно процесу управління:

– принцип цілеспрямованості і стратегічності грає головну роль. Управління розвитком ВДЕ не може бути ефективним, якщо воно не має чіткої екологічно орієнтованої інвестиційної стратегії. Мета такої діяльності повинна включати ті компоненти, які відображають економіко-екологічні проблеми розвитку ВДЕ;

– принцип послідовності, який принцип відображає зв’язок економічних і екологічних проблем, врахування прямих і кумулятивних наслідків. У будь-якому управлінні існує вибір первинних проблем для розробки управлінських рішень, однак в основі цього вибору можуть бути різні критерії. Вони визначають базову послідовність, що відповідає економічним та екологічним законам.

Відповідно до системи управління:

– принцип своєчасності. Реалізація даного принципу передбачає розрахунок ЖЦ нових проектів, що реалізуються в ресурсно-екологічній сфері господарювання. Визначити момент найбільш ефективного вирішення ресурсно-екологічних проблем означає здійснити попередження ресурсно-екологічних кризових ситуацій або здійснити мінімізацію наслідків такого роду ситуацій;

– принцип функціональної інтеграції. Неможливо здійснювати успішну реалізацію проектів впровадження ВДЕ, спираючись тільки на функціональне рішення проблем інвестування у такі проекти. Реалізацію даного механізму потрібно реалізовувати в тісному взаємозв'язку з усіма функціональними складовими управління підприємством;

– принцип професіоналізму, який має велике значення при реалізації процесів регулювання генерації енергії за допомогою ВДЕ. Він полягає в необхідності спеціальної підготовки менеджерів, що оперують знаннями в сфері економіки. Професійна підготовка дозволяє такого роду фахівцям виділяти пріоритети і здійснювати ефективні дії по їх реалізації;

– принцип збалансованої відповідальності згідно чинникам ефективності підвищення ефективності використання ВДЕ.

Вищевикладені принципи підвищення ефективності використання ВДЕ можуть і повинні діяти тільки в системі і взаємозалежності. Однак, кожен з них є доповненням і конкретизацією іншого.

У якості базисних основ формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ слід визначити реалізацію наступних етапів:

– визначення пріоритетної екологічної мети і переліку завдань, які реалізують поставлену мету;

– ранжування екологічних завдань за термінами і визначення їх внеску в спільну мету;

– розробка для кожного завдання методів її рішення, що включають оцінку можливості використання наявних елементів організаційно-економічного механізму управління, оцінку їх за змістом;

– ієрархічність побудови і визначення повноважень і відповідальності по реалізації поставлених завдань для суб’єктів управління і взаємоузгодження цих повноважень у владній і виконавчій вертикалі на горизонтальних рівнях;

– економічна оцінка впливу організаційно-економічного механізму управління і наслідків зміни форм і методів управління підвищення ефективності використання ВДЕ.

Концепція формування організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ передбачає його структурно-функціональну побудову.

Структура організаційно-економічного механізму – це організаційна форма системи управління, яка визначає сукупність стійких зв’язків керуючої системи, що забезпечують її цілісність, тобто збереження основних властивостей і якісних параметрів при різних зовнішніх і внутрішніх змінах (Хлобистов, 2006; Андрєєва, 2006).

Особливо велике значення має інформаційне забезпечення відповідних служб управлінської діяльності учасників програм і проектів, що стосується вирішення питань взаємодії всіх учасників. В умовах переходу до ринкових відносин з властивими цьому періоду такими факторами як підвищений ризик, невизначеність, управлінські завдання вимагають для свого рішення адекватного інструментарію, що підвищує ефективність процесів управління.

Для цього, по-перше, організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання ВДЕ, пов’язаних з різними ризиками і невизначеністю повинен включати специфічні управлінські елементи, що дозволяють знизити ризик або зменшити пов’язані з ним несприятливі наслідки.

По-друге, в основу процесу прийняття управлінських рішень повинні бути закладені економічні виміри. З формального атрибуту процесу прийняття рішень на основі досить складної системи переваги керуючих органів, але ніяк не об’єктивного аналізу економічних процесів і співвідношення витрат і результатів, економічні виміри повинні перетворитися на дієвий інструмент управління.

В основу створення організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ повинен бути закладений не тільки принцип оптимального співвідношення між централізацією і децентралізацією управлінських функцій, але і принцип збалансованості економічних і екологічних інтересів суспільства, держави і учасників-інвесторів. Не менш важливе значення, має дотримання принципу збалансованості конкуруючих інтересів як між державним сектором і домінуючими фінансово-промисловими групами великих вітчизняних і зарубіжних інвесторів, так і між цими фінансово-промисловими групами і інвесторами.

Для реалізації цих принципів має бути розроблений і задіяний механізм узгодження цілей з тим, щоб забезпечити не тільки збалансованість економічних і екологічних інтересів, але збалансованість конкуруючих інтересів, створити умови, для нормальної економічної конкуренції, забезпечити гнучкість в досягненні комерційних інтересів всіх учасників і користувачів при дотриманні стратегічних національних екологічних інтересів держави.

Виходячи із зазначених принципів на всіх рівнях підвищення ефективності використання ВДЕ, визначається обсяг і співвідношення функціональних обов’язків, прав і відповідальності при обов’язковому дотриманні на кожному рівні їх загального балансу. Порушення цього балансу призводить до колективного суб’єктивізму і перетворює систему управління або в переважно адміністративно-розподільну, або, в значній мірі, в комерціалізовану систему. Таким чином, концепція організаційно-економічного механізму забезпечення ефективності використання ВДЕ на макрорівні розробляється на основі програмно-орієнтованих методів управління з позицій парадигми сталого розвитку з використанням переважно ринкових методів управління, різних форм і методів державного регулювання для забезпечення збалансованості економічних і конкуруючих інтересів всіх зацікавлених сторін і учасників-інвесторів з урахуванням забезпечення загальнонаціональних економічних і екологічних інтересів.

Таким чином, механізм забезпечення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни запропоновано розглядати як систему, яку

можна поділити на складові: систему управління результативністю ВДЕ з урахуванням завданого екологічного збитку в системі національної економіки країни, систему функціональну, яка забезпечує результати функціонування енергетичної сфери країни на основі розроблених принципів взаємодії стейкхолдерів та систему солідарної співпраці бізнесу та держави щодо забезпечення розвитку ВДЕ у часі. Запропонований механізм базується на визначенні збалансованої вартості виробленої енергії з урахуванням інтегрального економічного збитку в процесі розвитку ВДЕ та напрямів діагностики цих еколого-економічних показників для координації суб'єктами управління залучення фінансових ресурсів для розвитку ВДЕ в загальній системі екологічно безпечного енерговиробництва. Підґрунтям до функціонування механізму є використання законодавчо затверджених економічних форм, методів, інструментів, які забезпечують нормативно-правове та фінансове регулювання всієї системи розвитку ВДЕ (рис. 3.3).

1. *Підсистема управління результативністю ВДЕ*. До цієї системи варто віднести нормативно-правову складову, основу яких складає Конституція України, Закони України та нормативно-правові акти. Вони здійснюють регулювання на всіх рівнях управління державному, регіональному та місцевому. Разом з тим, що в Україні відбувається удосконалення законодавчого поля щодо запровадження ВДЕ, повинні розвиватися й інші чинники державного механізму стимулювання. Для цього необхідно:

– сприяти створенню стабільного стимулюючого дружнього середовища;

– створювати умови для стабільного функціонування складових загальнодержавної політики: податкової, кредитної, митної, валютної, бюджетної, платіжної;

– максимально сприяти розвитку державно-приватного партнерства в галузі запровадження ВДЕ;

– сприяти створенню умов для довготривалого фінансування модернізації обладнання шляхом розвитку виваженої кредитної політики;

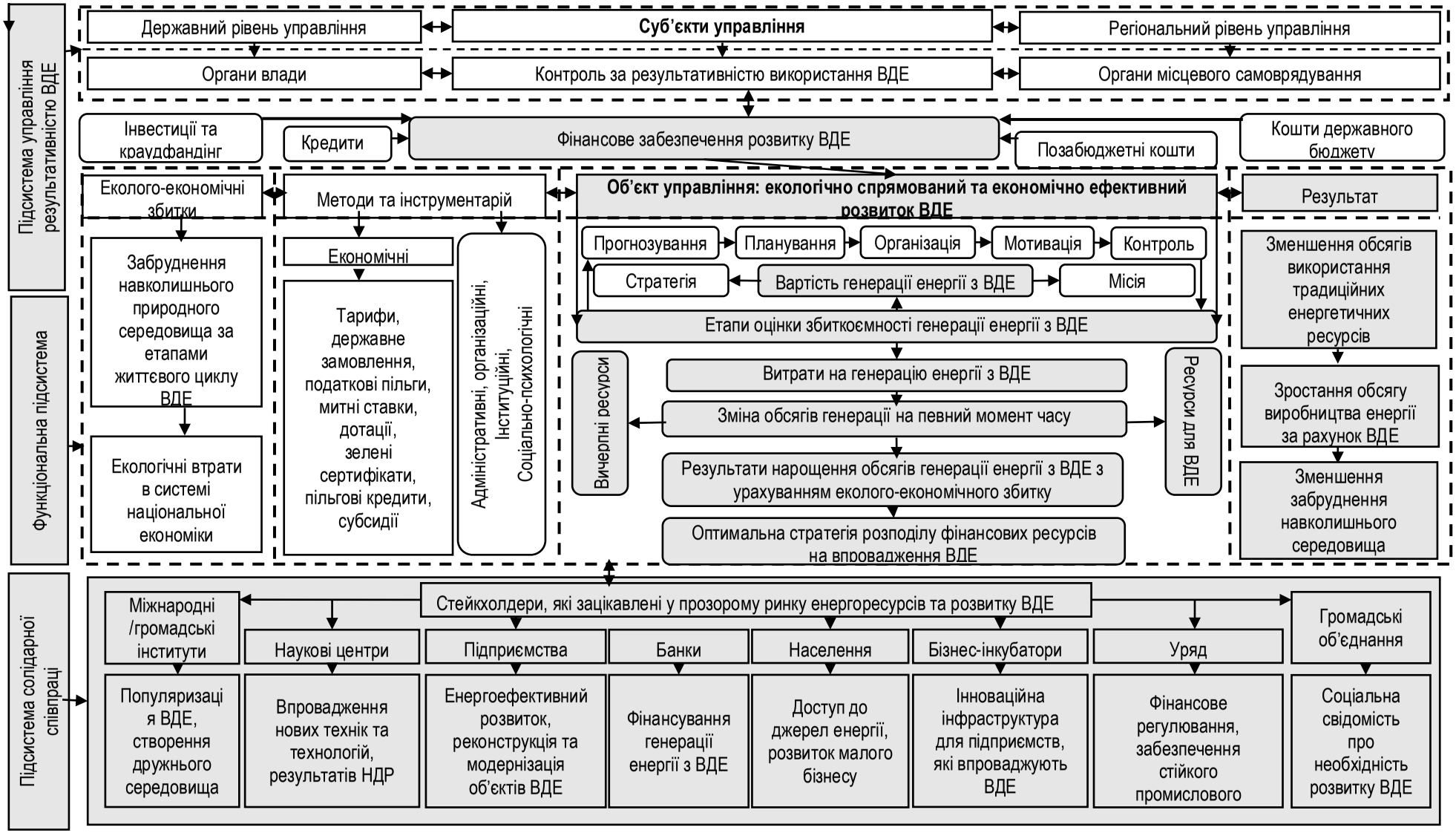


Рисунок 3.3 – Структурно-логічна схема організаційно-економічного механізму впровадження ВДЕ

Складено автором на основі (Хлобистов, 2008; Сотник, 2016; Клопов, 2016; Жулавський, 2009; Курбатова, 2015)

– сприяти гармонізації екологічних стандартів, в тому числі впроваджувати так звані гнучкі механізми Кіотського протоколу.

Управлінські впливи за рахунок екологічної політики мають включати стимулювання природоохоронної діяльності в енергетиці, яке повинно ґрунтується на існуючій методологічній базі, апробованій вітчизняною практикою, а також враховує досягнення інших країн у вирішенні екологічних проблем.

Основними пріоритетами в цьому аспекті є: стабілізація політичної ситуації в країні; формування стабільного законодавчого середовища для підприємництва в сфері ВЕ; розширення сфери пошуку джерел інвестиційних ресурсів; здійснення інвестиційно орієнтованої рекламної компанії; створення інфраструктури організаційної і правової підтримки інвестиційної діяльності (Хвесик, 2012).

2. *Функціональна підсистема.* Для формування ефективного механізму розвитку ВЕ існує низка інструментів, серед яких економічні, організаційні, соціально-психологічні, техніко-технологічні, маркетингові, екологічні, нормативно-правові. Серед перелічених інструментів, найбільш сприятливими, що враховують стимулювання запровадження екологічних інновацій в сфері використання ВДЕ можна віднести такі регулятори (Хвесик, 2012):

– адміністративні: арбітраж екологічних конфліктів; визначення виключень і продовження термінів досягнення нормативних вимог; ліцензія на природокористування; маркування; нагляд за додержанням законодавства про охорону довкілля; нормативи;

– економічні: відшкодування збитків, заподіяних порушенням природоохоронного законодавства; екологічне страхування; плата за спеціальне використання природних ресурсів і за шкідливий вплив на довкілля, платежі за природні ресурси; податки; податкові, кредитні та інші пільги при впровадженні маловідходних, енерго- і ресурсозберігаючих технологій та не традиційних видів енергії; звільнення від оподаткування фондів охорони довкілля; фінансування природоохоронних заходів; цільове використання коштів, отриманих від зборів за спеціальне використання природних ресурсів і забруднення довкілля, на ліквідацію

джерел забруднення, відновлення та підтримання природних ресурсів в належному стані; штрафи;

– нормативно-правове регулювання: Конституція України, кодекси України, закони України, укази Президента України, постанови та рішення Верховної Ради України, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України; нормативно-правові акти ЦОВВ;

– організаційні: визначення порядку організації та діяльності органів управління у сфері охорони довкілля, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки; відселення населення, виведення з цих зон об'єктів соціального призначення; включення питань формування екологічної культури, екологічної освіти й просвіти в державні цільові, регіональні та місцеві програми соціального економічного розвитку на екологічних засадах; державна система моніторингу довкілля; екологічні програми; залучення громадськості до процесу екологічної освіти;

– соціально-психологічні: екологічне виховання; екологічне маркування;

Широкий спектр вибору важелів впливу дозволяє системно підійти до вирішення проблеми стимулювання запровадження екологічних інновацій, але на сьогодні фактично функціонують тільки деякі інструменти негативної мотивації, які і становлять основу економічного регулювання. Інструменти економічного стимулювання в даний час в Україні практично не застосовуються, оскільки вони не підтверджені нормативно-правовими актами прямої дії.

Серед перелічених важелів впливу, найбільш дієвими є економічний інструментарій впливу. На основі вибору інструментів стимулювання здійснюється процес запровадження інновацій у енергетичній галузі при виробництві засобі генерації енергії. Він розглядається як процес в якому поєднується внутрішнє та зовнішнє середовище. До зовнішнього середовища можна віднести: постачальники від яких залежить строки поставки; конкуренти, які стимулюють до випуску продукції кращими за своїми технічними характеристиками; споживачі, які підштовхують виробників удосконалювати свою продукцію, в залежності від попиту; навколишні природні умови, які дозволяють здійснювати господарську

діяльність; навколишні природні ресурси, за допомогою яких здійснюється виробництво, наявність або відсутність яких створює перспективи розвитку галузі; інші економічні, правові, науково–технічні, соціально-культурні, політичні фактори, які в цілому створюють економічний потенціал розвитку ВДЕ. До внутрішнього середовища можна віднести: місію та стратегію.

3. *Підсистема солідарної співпраці.* До цієї системи слід віднести всі інститути, які сприяють запровадженню інновацій у ВЕ. До них відносять: підприємства, банки, населення, бізнес-інкубатори, уряд країни, громадські та міжнародні організації.

Державні органи влади на всіх рівнях повинні активно залучати інвестиційний капітал, сприяти їх надходженню. Крім законодавчого забезпечення для залучення інвестицій у регіони необхідно максимально проводити виставки, міжнародні інвестиційні конференції, створювати торговельно-економічні лінії за кордоном (Клопов, 2016).

На основі аналізу наукових праць можна зазначити, що до методів державного регулювання солідарної економіки, зокрема з метою розвитку альтернативної енергетики, належать такі:

– правові, які базуються на законодавчо-правових та нормативно-правових інструментах;

– адміністративні, які ґрунтуються на застосуванні адміністративних актів і процедур, які мають обов’язкову силу;

– організаційно-економічні, що передбачають організацію діяльності суб’єктів регулювання шляхом створення державою умов, виконання яких робить таку діяльність економічно вигідною, при цьому впливає на діяльність суб’єктів регулювання через застосування економічних засобів;

– соціально-психологічні, які базуються на відкритості інформації про стан конкретного сектора державного управління та широкій участі суспільства в діяльності суб’єктів регулювання і передбачають роз’яснення і популяризацію певних ідей, вплив на інтереси певних соціальних груп, статус людей у суспільстві, соціальні умови їх життєдіяльності та можливості самореалізації.

На думку Л. Мельника солідарна економіка вже у найближчому майбутньому може стати рушійною силою переходу до стійкого розвитку, оскільки в багатьох випадках довела ефективність своїх принципів та засад не тільки у соціальному, а й економічному розрізі. Аналіз, який представив Л. Мельник дає можливість зробити висновок, що безсумнівним залишається той факт, що напрацювання з теорії та методів солідарної економіки залишаються актуальними, все частіше доводять необхідність їх застосування в економічній практиці, а досвід реалізації принципів дає можливість оптимістично ставитися до імплементації даних напрацювань у вітчизняній практиці (Мельник, 2014).

3.2. Економічний інструментарій забезпечення екологічної безпеки при впровадженні відтворювальних джерел енергії

Сьогодні розвинуті країни реалізують виважену політику розвитку ВДЕ, узгоджуючи баланс інтересів між економічною, політичною, екологічною і соціальною сферами.

В звітах Міжнародного енергетичного агентства викладено принципи, які за експертними даними, повинні бути покладені в основу будь-якої національної політики стимулювання розвитку відновлюваної енергетики:

1. усунення перешкод організаційного характеру, таких як адміністративні перепони, відсутність доступу до енергосистем та технологій, недосконала структура ринку електроенергії, недостатня інформованість і навчання, а також вирішення проблем з прийняттям технологій ВДЕ суспільством, що допомагає поліпшити функціонування ринку і проведення заходів;

2. створення прозорої системи державної підтримки для залучення інвестицій з механізмами прогнозування розвитку цих процесів;

3. впровадження поступових заохочувальних заходів для різних стейкхолдерів, які дозволять з часом стимулювати інновації в технологіях і сприяти більш швидкому досягненню конкурентоспроможності технологій ВДЕ на ринку;

4. розроблення і впровадження спеціальних стимулюючих програм, які гарантують певний рівень підтримки, що надається різними технологіями залежно від ступеня їх розроблення, допомагає з часом реалізувати значний потенціал;

5. оцінювання впливу масштабного впровадження технологій використання ВДЕ на енергосистему загалом, особливо на ліберальних ринках електроенергії, яка б враховувала загальну економічну ефективність і надійність системи (Внедрение, 2010).

У світі стрімко розвивається процес масштабування та різноманіття розвитку технологій генерації з ВДЕ, при цьому за рахунок державної підтримки у вигляді спеціальних тарифів або податкових пільг. В Україні генерація електроенергії з ВДЕ користується державною підтримкою у вигляді ЗТ. Останні роки точаться дискусії навколо величин цих тарифів та доцільності їх найшвидшого зниження. Проте, в українському дискурсі не вистачає саме фахових обговорень, що базуються на економічних розрахунках. У більшості випадків результати власних розрахунків надають безпосередньо учасники ринку, що несе в собі певну частку суб'єктивізму та потенційний конфлікт інтересів. Державні органи, відповідальні за політику в енергетичному секторі, мали б переглядати ринкові індикатори сектору ВДЕ на регулярній основі для своєчасної реакції на зміну вартості «зеленої» електроенергії. Крім того, величини ЗТ визначені в законі, і зміни до нього у більшості випадків ініціювали депутати – сторона, якій взагалі непритаманні функції розрахунків тарифів.

У 2018 році в науковому середовищі відбулися дискусії щодо змін при підтримці ВДЕ. Загалом вони стосувалися питань ЗТ для певних технологій ВДЕ та запровадження аукціонів конкурентних механізмів визначення тарифу для генерації відновлювальної електроенергії. Більшість наукових праць в цей період присвячено удосконаленню механізмів проведення аукціонів, обґрунтуванню тарифів та оцінки реакції ринку на прогнозні зниження тарифів.

З 1 липня 2019 року відповідно до закону «Про ринок електричної енергії» в Україні працює нова модель ринку електроенергії. Закон було прийнято відповідно

до зобов’язань України в рамках процесу євроінтеграції (Про ринок електричної енергії, 2019).

Основою цієї моделі є конкуренція та ринкове тарифоутворення. Очікується, що ринкові індикатори будуть відображати справедливу вартість електроенергії, що стане сигналом для потенційних інвесторів в українську енергетику, включаючи сектор ВДЕ.

Щодо такої складової економічного забезпечення розвитку альтернативної енергетики як ціноутворення, то варто відмітити, що у багатьох країнах діє монопольне встановлення цін на паливно-енергетичні ресурси країнами-постачальниками, що зумовлене територіальним розміщенням на їхній території покладів джерел енергії. Це зумовлює пошук енергії, наявної на території кожної країни, що дає змогу отримувати енергію без посередників. Альтернативні джерела здебільшого не потребують постійно додаткових витрат для видобутку, лише для перетворення на енергію. Це допомагає значно знизити вартість одиниці енергії і заощадити власні кошти й зусилля. Нині існують державні програми, що спрощують оподаткування для бізнесу, який активно використовує енергію вітру, води і сонця. Це дасть змогу зменшити витрати і підвищити рентабельність підприємств.

Тарифи на постачання електроенергії в мережу – це часто використовуваний інструмент державної підтримки виробництва відновлюваної електроенергії. Термін «тарифи на постачання електроенергії в мережу» може означати або встановлений мінімум гарантованої ціни, оплачуваною виробнику за одиницю виробленої електроенергії, або додаткові виплати, гарантовані виробнику, крім основної ринкової ціни за електрику. У першому випадку виробники відновлюваної енергії повністю захищені від ринкових ризиків, тоді як у другому випадку виробник залежить від коливань цін на електроенергію на ринку. Регулятивні заходи зазвичай застосовуються для того, щоб зобов’язати учасників ринку електроенергії оплатити виробнику відновлюваної енергії тариф, встановлений на законодавчому рівні. На додаток до тарифу також можливо державне субсидування. Величина тарифу зазвичай встановлюється на кілька

років, щоб гарантувати інвестору дохід протягом значної частини строку здійснення проекту. Навантаження від введення тарифів на постачання електроенергії в мережу припадає на покупця тієї організації, який є суб'єктом зобов'язання. Таким чином, якщо суб'єктом зобов'язань є постачальники енергії, то кінцева вартість оплачується споживачем (Sawin, 2017).

В галузі альтернативної енергетики зазвичай діють спеціальні тарифи на електроенергію з відновлюваних джерел, або ЗТ. Цей захід стимулювання передбачає встановлення державою спеціальних тарифів, за якими закуповується електроенергія з відновлюваних джерел. Такі тарифи зазвичай є вищими, ніж тарифи на звичайну електроенергію, і, відповідно, є вигідними для виробника «зеленої» енергії. Гарантіями, що надаються для впровадження ефективних ЗТ, є:

– гарантований і преференційний доступ до електромереж виробників «зеленої» електроенергії;

– встановлення мінімальних гарантованих розмірів ЗТ;

– встановлення гарантованого строку дії ЗТ;

– встановлення індивідуальних розмірів ЗТ для кожної категорії відновлюваних джерел енергії;

– прозорість процесу отримання відповідного тарифу.

Як показує практика, основним мінусом впровадження ЗТ є підвищення цін на електроенергію для кінцевих споживачів або необхідність значного фінансування цього сектору з державного бюджету. Крім того, значним недоліком є складність прогнозування, контролю та своєчасного регулювання кількості виробників електроенергії за таким тарифом. Повільне коригування занадто високих ЗТ може мати наслідком значні витрати держави, що в свою чергу може вплинути на стабільність енергосистеми в цілому. Проте ЗТ діють у більшості країн ЄС, Китаї, Індії, Таїланді (Sawin, 2018).

В Україні застосовуються три основні механізми стимулювання виробництва енергії з відновлюваних джерел: 1) ЗТ; 2) пільги в оподаткуванні; 3) пільговий режим приєднання до електричної мережі. Попри дію механізму стимулювання частка об'єктів відновлюваної енергетики (за винятком об'єктів великої

гідроенергетики) у загальному обсязі встановленої потужності електростанцій в Україні дорівнює лише близько 0,6 %. Враховуючи аналіз сучасного стану альтернативної енергетики в Україні, слід зазначити, що результативність механізмів державного регулювання її розвитку в сучасних умовах є недостатньою і потребує суттєвого підвищення (Клопов, 2016).

Клопов І. показує теоретичну модель концепції пільгових тарифів, яка може бути застосована для генерації електроенергії (рис. 3.4).

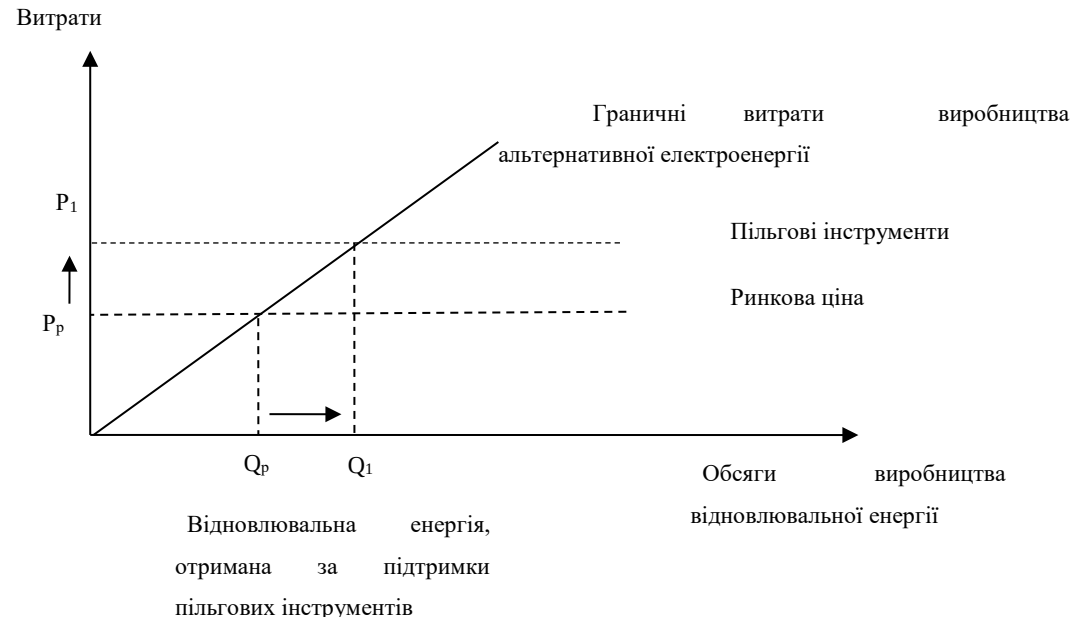


Рисунок 3.4 – Модель схеми пільгових тарифів для відновлюваної електроенергії (Клопов, 2016)

де $P_р$ – ринкова ціна електроенергії; $Q_р$ – кількість відновлюваної електроенергії, виробленої за ринковою ціною; P_1 – пільговий тариф на відновлювану електроенергію; Q_1 – кількість відновлюваної електроенергії, виробленої за пільговим тарифом.

Клопов в своїй роботі звертаю увагу на те, що при оцінюванні пільгового тарифу слід враховувати те, що кількість виробленої енергії Q_1 буде придбана за ринковою ціною. Це означає, що розмір підтримки розраховується як різниця між

датованою та ринковою вартостями за одиницю виробленої енергії за рахунок ВДЕ. Також слід додати, що розвиток технологій ВДЕ призводить до диверсифікації джерел енергії, що в свою чергу є диверсифікацією енергетичних продуктів. Зміни у структурі і номенклатурі споживаних енергетичних ресурсів безпосередньо пов'язані із впровадженням інноваційних технологій не тільки у енергетичному, але й промисловому секторах (Клопов, 2016).

Розвиток існуючих технологій енергогенерації пов'язаний з підвищенням ефективності об'єктів генерації. Це досягається шляхом збільшенням обсягів виробництва енергії за одиницю енергетичного ресурсу. Цей підхід стосується як традиційних так і ВДЕ. Диверсифікація джерел енергії, підвищення ефективності виробництва та спожива електричної енергії є важливими складовими енергетичної та національної безпеки. Технологічна диверсифікація відбувається за трьома основними напрямами (Клопов, 2016):

- використання нових технологій енергозбереження;
- застосування нових технологій генерування енергоносіїв;
- застосування нових технологій переробки та використання енергоносіїв.

Звертаючи увагу на те, що близько 50% всіх шкідливих викидів в атмосферне повітря світу спричинено енергогенеруючими підприємствами за рахунок спалювання енергетичних ресурсів (World Bank Database). Також слід додати що за певних умов енергетичні втрати при спалюванні сягають 90%, що зумовлює розвиток та впровадження нових технологій, зокрема – ВДЕ.

На базі запропонованих Клоповим заходів для забезпечення енергетичної безпеки та незалежної економіки (Клопов, 2016), а також враховуючі наявні економічні, екологічні та енергетичні тенденції, для забезпечення національної безпеки нами виділено наступні напрями:

1. Розробка та впровадження оптимізаційних заходів на етапах виробництва та споживання електричної енергії з метою зменшення енергетичних втрат;
2. Розвиток існуючих та розробка нових способів отримання енергії з традиційних та ВДЕ;
3. Оптимізації та вдосконалення систем передачі та зберігання енергії.

Реалізація запропонованих напрямів розвитку енергетичного сектору потребує політичного, фінансового, законодавчого та інформаційного забезпечення. Слід враховувати вартість таких заходів та їх вплив на ціну електричної енергії. Зміна ціни електричної енергії має прямий вплив на виробничий сектор економіки. Зменшення енергоємності виробництва та обсягів викидів шкідливих речовин матимуть позитивний економічний та екологічний ефект на національному та регіональному рівнях.

Найбільш розповсюдженою формою фінансового забезпечення розвитку ВЕ є державна підтримка, а саме: ЗТ, та їх аналоги – гарантія від держави, що енергії, що вироблена на «зелених» об'єктах буде придбана у повному обсязі та за ціною, що вище ринкової; квоти (зазвичай використовується у країнах, де ринок електроенергії переважно приватний); гранти та дотації; зелені сертифікати – держава в примусовому характері вимагає від продавців електричної енергії придбати певну кількість «зеленої» енергії (об'єм якої збільшується з кожним періодом) в іншому випадку – штрафні санкції; податкові пільги – відсутня або зменшена ставка податку на прибуток, ПДВ; кредити – нульова або зменшена ставка по кредитам для підприємств-виробників електричної енергії за рахунок ВДЕ.

Основні джерела фінансового забезпечення можна поділити на бюджетні та позабюджетні кошти. Бюджетні кошти в свою чергу поділяються на державні та місцеві бюджетні кошти. До позабюджетних коштів відносяться прямі інвестиції, фінансові та банківські установи (кредитування, позики), краудфандінг, бізнес-інкубатори, підприємства і т.п. До прогресивної форми фінансування можна віднести венчурне інвестування. Незважаючи на те, що існує ряд законів та нормативно-правових актів в Україні відсутній дієвий механізм залучення інвестицій та погані умови функціонування венчурного капіталу.

Доведено, що на національному рівні є необхідним є удосконалення механізму використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни з урахуванням екологічного фактору як для підвищення ефективності функціонування ВДЕ так і для забезпечення екологічної безпеки країни. Складові такого механізму мають

відповідати особливостям формування нових еколого-економічних умов в процесі нарощення обсягів впровадження ВДЕ та бути адекватним інтересам стейкхолдерів. Визначено, що вхідним базовим фактором цього механізму є цілісність економічної системи енергозабезпечення країни за рахунок розвитку ВДЕ, а вихідним фактором визначено результативність функціонування цієї системи для держави. Головною метою механізму підвищення ефективності використання ВДЕ є система економічних інструментів, які формують та дозволять зберегти економічний інтерес стейкхолдерів до виробництва електроенергії за допомогою ВДЕ.

Визначено, що переорієнтація всієї системи енергозабезпечення на ВДЕ є перш за все добровільним фактом участі різних суб'єктів господарювання за ініціативи державних органів управління на основі принципів солідарної економіки, що включає як ринкові механізми так і передбачає державну інвестиційну політику. Вузьким місцем в цьому напрямі є проблема забезпечення досягнення цільових показників затвердженої Стратегії ВДЕ до 2050 р., оскільки драйверами організації процесу запровадження ВДЕ є цінова політика на енергоресурси та власний видобуток енергопродукту від ВДЕ в країні. Доведено, що організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання ВДЕ повинен враховувати не тільки рух потреб у впровадженні ВДЕ, а й рух коштів, які держава витрачає на досягнення результативності виробництва електроенергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічної збиткоємності. На національному рівні є необхідним є удосконалення механізму використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни з урахуванням екологічного фактору як для підвищення ефективності функціонування ВДЕ так і для забезпечення екологічної безпеки країни.

Механізм підвищення ефективності використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни запропоновано розглядати як систему, яку можна поділити на складові: систему управління результативністю ВДЕ з урахуванням завданого екологічного збитку в системі національної економіки країни; функціональну систему, яка забезпечує результати функціонування енергетичної

сфери країни на основі розроблених принципів взаємодії стейкхолдерів та систему солідарної співпраці бізнесу та держави щодо забезпечення розвитку ВДЕ у часі.

Запропонований механізм спирається на визначення нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ та напрямів діагностики економічних та еколого-економічних показників розвитку j-го виду ВДЕ для прийняття рішень суб'єктами управління щодо залучення фінансових ресурсів для розвитку ВДЕ в загальній системі екологічно безпечного енерговиробництва. Підґрунтям до функціонування механізму є використання законодавчо затверджених економічних форм, методів, інструментів, які забезпечують нормативно-правове та фінансове регулювання всієї системи розвитку ВДЕ.

3.3 Механізм фінансового забезпечення розвитку відновлювальних джерел енергії з урахуванням інтересів екологічної безпеки держави

Особливістю фінансового забезпечення розвитку ВДЕ є врахування показників не тільки економічного результату, а й еколого-економічного збитку від використання ВДЕ.

На основі наукових праць вітчизняних науковців нами встановлено, що на національному рівні є необхідним удосконалення механізму використання ВДЕ в структурі енергозабезпечення країни з урахуванням екологічного фактору як для підвищення ефективності функціонування ВДЕ, так і для забезпечення екологічної безпеки країни. Складові такого механізму мають відповідати особливостям формування нових еколого-економічних умов в процесі нарощення обсягів впровадження ВДЕ та бути адекватним інтересам стейкхолдерів.

Вхідним базовим фактором цього механізму, як було наведено вище, є цілісність економічної системи енергозабезпечення країни за рахунок розвитку ВДЕ. Вихідним фактором нами визначено результативність функціонування цієї системи.

Переорієнтація всієї системи енергозабезпечення на ВДЕ є перш за все є добровільним фактом участі різних суб'єктів господарювання за ініціативи державних органів управління, що включає як ринкові механізми так і передбачає державну інвестиційну політику. Вузьке місце в цьому напрямі є проблема забезпечення досягнення цільових показників затвердженої Стратегії ВДЕ до 2050 р., оскільки драйверами організації процесу запровадження ВДЕ є цінова політика на енергоресурси та власний видобуток енергоресурсів від ВДЕ в країні. Вважаємо, що організаційно-економічний механізм підвищення ефективності використання ВДЕ повинен враховувати не тільки рух потреб у впровадженні ВДЕ, а й рух коштів, які держава витрачає на досягнення результативності виробництва електроенергії з ВДЕ.

Таким чином, на основі проведених досліджень нами встановлено, що вибір стратегії розвитку ВДЕ на державному рівні має відбуватись з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ. Послідовність дій в цьому напрямі наведена на рис. 3.5.

Зміст запропонованої послідовності управлінських дій полягає в тому, що на початку проводиться оцінка еколого-економічної результативності розвитку енергетичної галузі за рахунок використання певного виду ВДЕ. Далі, на основі інформації щодо оцінки нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ ($Ef_{(U_j)}$) за період здійснюється прогнозні розрахунки щодо можливих інтегральних ефектів від використання різних типів ВДЕ в енергетиці.

Рішення приймаються відповідно до розрахунку оптимальної комбінації максимальних значень $Ef_{(U_j)}$, що дозволяє планувати стратегії розвитку використання ВДЕ на основі фінансової підтримки з боку держави тих видів діяльності, які є на конкретний момент часу лідером за показником внеску в інтегральний еколого-економічний результат $Ef_{(U_j)}$.

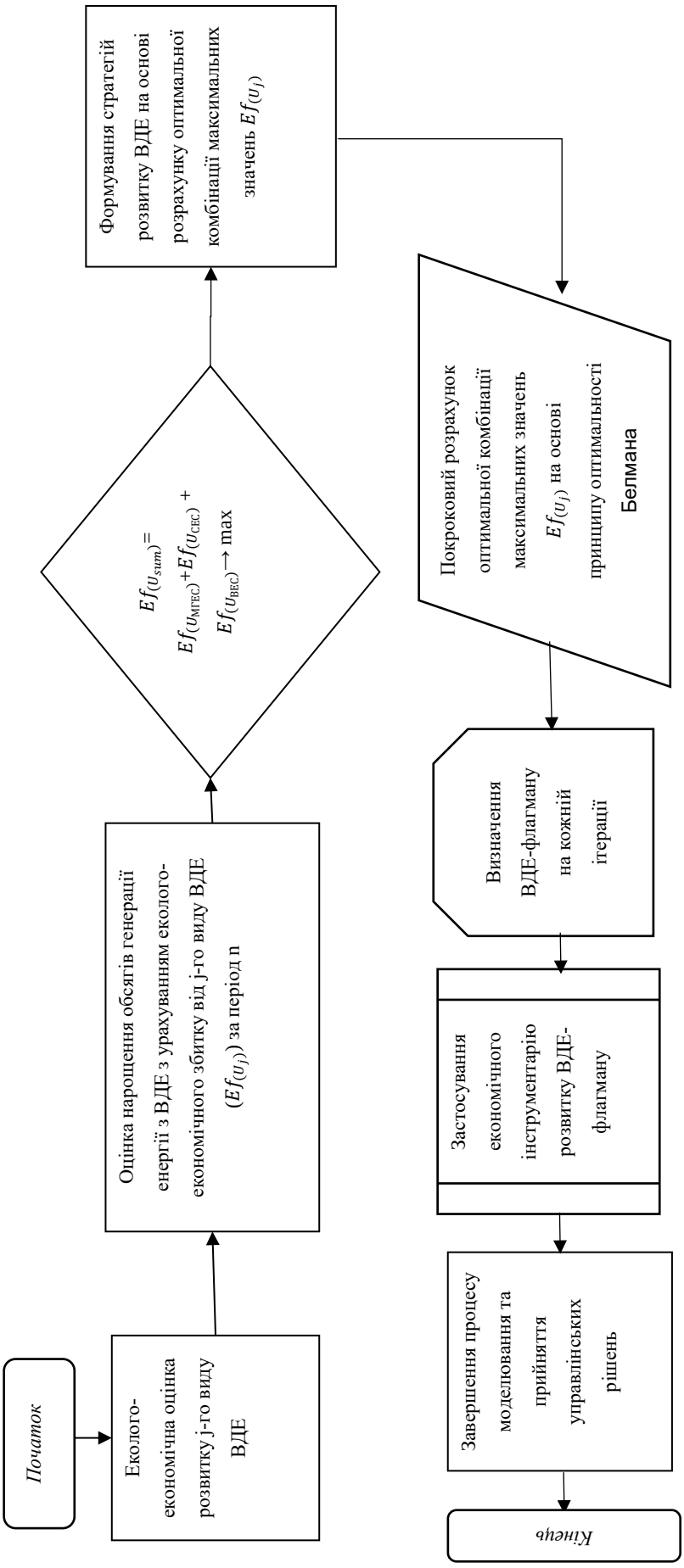


Рисунок 3.5 – Послідовність вибору стратегії розвитку ВДЕ на державному рівні з урахуванням еколого-економічного збитку від j-го виду ВДЕ

Покроковий розрахунок оптимальної комбінації максимальних значень різних типів ВДЕ в $Ef_{(U_j)}$ на основі принципу оптимальності дозволяє приймати рішення відповідно до нової ситуації, яка склалася за останній проміжок часу.

Загалом, ми вважаємо, що вибір стратегії розвитку ВДЕ на державному рівні – це процес, в якому господарська діяльність в зазначеній сфері діяльності вдосконалюється відповідно до цілей сталого розвитку. Для реалізації цього процесу необхідно врахувати напрямки:

– посилення позицій по використанню еколого-економічного інструментарію використання ВДЕ. Головний засіб реалізації цілей сталого розвитку в цьому напрямі є політика уряду. Потрібно, щоб еколого-економічний інструментарій використовувався належним чином, а не відігравав роль «збору» коштів. В сучасній політико-економічній ситуації високу ефективність мають фінансово обґрунтовані соціально-орієнтовані рішення. В той же час сильна залежність від адміністративного ресурсу сильно заважає інноваційному еколого-орієнтованому розвитку електроенергетики;

– активного розвитку електроенергетики на основі рециркуляційної економіки, яка є світовою тенденцією розвитку національної економіки розвинутих країн та ґрунтується на ефективному використанні вторинних ресурсів. Такий підхід не означає ліквідацію традиційних джерел генерації енергії, а передбачає удосконалення бізнес-процесів у галузі енергетики. Це може бути здійснено за допомогою використання нових технологій виробництва, економії ресурсів, ефективних засобів зниження викидів при утилізації устаткування;

– формування еколого-орієнтованої системи оцінки результатів розвитку галузі електроенергетики, як окремого сектора економіки. У процесі управління потрібно робити акценти на виділені в результаті оцінки екологічного рівня впливу генерації електроенергії з урахуванням чітко визначених тергетів та індикаторів. Вчасно здійснені стратегічні напрями керуючого впливу з боку держави мають вирішальне значення у всій системі забезпечення ефективності розвитку ВДЕ та будуть сприяти досягненню бажаних показників «зеленого» ВВП;

– збільшення витрат на наукові еколого-орієнтовані дослідження в сфері використання ВДЕ. Наукові еколого-орієнтовані дослідження є найважливішими з передумов забезпечення економічної ефективності розвитку ВДЕ.

На основі проведених власних досліджень та результатів прогнозування Державної установи «Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України», було проведено розрахунки еколого-економічного розвитку ВДЕ на період до 2050 року (Перехід, 2017).

Моделювання сценаріїв розвитку енергетичного сектору України складається з динамічної оптимізаційної моделі TIMES-Україна та динамічної обчислювальної моделі загальної рівноваги. Модель TIMES-Україна15 є оптимізаційною моделлю енергетичних потоків України (Перехід, 2017).

Консервативний сценарій розраховано в першу чергу, він не передбачає принципової зміни умов функціонування. Метою розрахунку цього сценарію є створення бази для порівняння з альтернативним (цільовим) революційним сценарієм (Перехід, 2017).

Консервативний сценарій є таким гіпотетичним варіантом розвитку, при якому характеристики більшості технологій зберігаються незмінними до 2050 р., такими якими вони були станом на початок розрахунку. За припущеннями, поступове заміщення технологій відбувається лише в тому випадку, коли термін експлуатації існуючих потужностей добігає свого кінця. Вартість та ефективність технологій, що заміщують старі, відповідає сучасному рівню: вартість з часом знижується, а ефективність збільшується. Застосування цього підходу є корисним для оцінки наслідків реалізації двох альтернативних сценаріїв (базового та альтернативного), а саме ефективності заходів та політик, які стимулюють технологічні зміни в економіці (Перехід, 2017).

Революційний сценарій трансформації енергетики України з урахуванням екологічної безпеки території передбачає єдину комплексну ціль – задоволення енергетичних потреб (попиту) стейкхолдерів у споживанні енергетичних ресурсів виключно за рахунок ВДЕ, що, в свою чергу значно посилить енергетичну незалежність нашої країни (Перехід, 2017). Безумовно, у разі реалізації

революційного сценарію має бути забезпечено зростання добробуту громадян України; надійне енергопостачання та енергетична достатність; економічна, енергетична, екологічна та інші безпеки.

На основі запропонованого наукового підходу до визначення еколого-економічної збиткоємності (3.1) та даних, які наведені в науковій літературі (Перехід, 2017), розрахуємо зміни генерації енергоресурсів за консервативним та революційним сценаріями (додаток Г).

Розрахунок зміни генерації енергоресурсів за консервативним сценарієм наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Зміна генерації енергоресурсів за консервативним сценарієм, МВт

Показник	Консервативний сценарій								
	2012	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
$\Delta V_{МГЕС}$	*	-5082,31	5152,09	1430,49	1011,81	69,78	81,41	34,89	81,41
$\Delta V_{ВЕС}$	*	802,47	1907,32	1302,56	93,04	104,67	104,67	69,78	325,64
$\Delta V_{СЕС}$	*	139,56	–186,08	279,12	279,12	116,3	-465,2	11,63	–11,63

Дані наведені в табл. 3.3 свідчать про відсутність суттєвих змін, іноді присутні нестабільні коливання у обсягах генерації енергоресурсів отриманих з ВДЕ. Так, обсяги генерації ВДЕ з СЕС мають як позитивні так і негативні значення.

Розрахунок зміни генерації енергоресурсів за революційним сценарієм наведено у табл. 3.4. Як ми бачимо із табл. 3.4 показники суттєво відрізняються від наведених вище даних розрахунку консервативного сценарію. Генерація переважно всіх енергоресурсів від ВДЕ має тенденцію до зростання, при цьому генерація ВДЕ від ВЕС має найбільший абсолютний приріст. Отримані нами дані, ми використаємо для оцінки темпів нарощення обсягів генерації енергоресурсів отриманих від певного типу ВДЕ для кожного етапу.

Значення обсягів приросту генерації енергоресурсів від ВДЕ не є постійною величиною і залежить від декількох факторів. Як ми можемо бачити із формул наведених вище, прямий вплив на обсяги генерації має показник приведених витрат на одиницю виробленої енергії.

Таблиця 3.4

Зміна генерації енергоресурсів за революційним сценарієм, МВт

Показник	Революційний сценарій							
	2015	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
$\Delta V_{МГЕС}$	-5082,31	5128,83	976,92	953,66	116,3	337,27	11,63	34,89
$\Delta V_{ВЕС}$	802,47	7885,14	36111,15	34413,17	14979,44	22492,42	14235,12	31563,82
$\Delta V_{СЕС}$	139,56	2465,56	9850,61	9850,61	15374,86	18759,19	28505,13	46636,3

Цей комплексний показник відображає, в тому числі і вплив рівня розвитку інновацій на технологію генерації енергії від ВДЕ. Відповідно до вже існуючої світової практики, що склалася в багатьох високотехнологічних галузях, як і в нашому випадку, собівартість генерації однієї одиниці енергії від ВДЕ має стійку тенденцію до зменшення у часі. Тому є економічно доцільним актуалізувати розрахунки після закінчення певного етапу розвитку енергосистеми країни (нами прийнято крок у 5 років).

Нами вказано вище, що кожен тип ВДЕ, незалежно від розвитку технології, завдає певний вплив на зовнішнє середовище, що призводить виникнення збитку U_j^n. Відповідно до формули (3.1), розрахуємо нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку в розрізі кожного типу з аналізуємих нами джерел $Ef_{(U_j)}$.

Результати розрахунку для консервативного сценарію наведені у табл. 3.5.

Дані таблиці (табл. 3.5) свідчать, що у випадку впровадження існуючої державної стратегії розвитку національної енергосистеми, а саме за відсутності суттєвих технологічних змін, тенденції обсягів генерації носять ознаки некерованості. Навіть таке ВДЕ, як сонячні електростанції, що зазнають бурхливого розвитку на даний час, згодом, відповідно до розрахованого прогнозу, мають негативні значення нарощування обсягів генерації енергії з ВДЕ.

Таблиця 3.5

Нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку, МВт • год

Показник	Консервативний сценарій						
	2020	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
$Ef_{(U_{\text{МГЕС}})}$	440 366,08	119 855,49	76 810,32	5 179,55	5 997,03	2 491,68	5 432,42
$Ef_{(U_{\text{ВЕС}})}$	3 309,32	2 165,86	152,46	161,43	163,95	104,26	468,22
$Ef_{(U_{\text{СЕС}})}$	–265,17	390,59	365,50	147,81	–573,34	13,74	–13,19

Результати впровадження активної державної політики розвитку ВДЕ, за умови цільового фінансування, що має бути здійснено державою разом із зацікавленими стейкхолдерами, відповідно до наших розрахунків може привести до значного зростання обсягів власного видобутку енергоресурсів з ВДЕ, що в свою чергу, дозволить зменшити використання енергоресурсів з традиційних джерел та підвищить технологічність галузі.

Результати розрахунку для революційного сценарію наведені у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку, МВт • год

Показник	Революційний сценарій						
	2020	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
$Ef_{(U_{\text{МГЕС}})}$	438 377,97	81 852,53	72 395,93	8 632,58	24 844,82	830,56	2 328,18
$Ef_{(U_{\text{ВЕС}})}$	13 681,23	60 044,57	56 391,92	23 102,49	35 231,64	21 268,46	45 384,19
$Ef_{(U_{\text{СЕС}})}$	3 513,50	13 784,51	12 899,26	19 541,05	23 119,95	33 667,62	52 887,16

Аналізуючи дані табл. 3.6, можна спостерігати стійкий прогнозний приріст генерації від двох джерел (СЕС та ВЕС) та коливання прогнозного приросту генерації енергії від ГЕС. Після проведення аналізу якості приросту генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку переходимо до наступного етапу.

Як відомо із досліджень сучасних економістів, економічна ефективність полягає у максимізації можливих переваг від використання наявних ресурсів.

Постійно аналізуючи співвідношення вигід і витрат, треба приймати раціональні управлінські рішення. В будь-якій економічній системі виробник і споживач прагнуть до найбільшої ефективності, при цьому максимізуючи свої переваги та мінімізуючи витрати. Еколого-економічна ефективність ґрунтується на оптимальному розподілі ресурсів, доступних суспільству між секторами народного господарства. Основним критерієм еколого-економічної ефективності є ступінь задоволення соціально-економічних потреб суспільства.

Одним з важливих складових ефективності економічної системи є ефективність капітальних вкладень. Вона виражається співставленням розміру ефекту до розміру капітальних вкладень, які викликали цей ефект. Іншими словами, це економічний ефект який припадає на грошову одиницю інвестицій, які забезпечили цей ефект.

Таким чином, для забезпечення найбільшої ефективності інвестицій, уповноважені органи державної влади мають реалізовувати таку стратегію управління, що призводить до отримання максимального ефекту при мінімальних витратах. В нашому випаду, додатково ми обов’язково повинні брати до уваги не тільки прямі (супутні та інші витрати), а ще й розмір завданого еколого-економічного збитку. Тому, реалізація стратегії державного управління, яка призведе до максимального ефекту, а саме максимальному приросту генерації енергоресурсів з ВДЕ, з урахуванням еколого-економічного збитку буде виконуватись за наступної умови:

$$Ef_{(U_{sum})} = Ef_{(U_{\text{МГЕС}})} + Ef_{(U_{\text{СЕС}})} + Ef_{(U_{\text{ВЕС}})} \rightarrow max \tag{3.2}$$

Ми бачимо, що досягнення цілей державного управління відбувається лише в тому випадку, коли сумарний ефект $Ef_{(U_{sum})}$ від суми приростів генерації енергії з певних джерел є максимальним.

Зважаючи на те, що ми аналізуємо модель, яка базується на обґрунтованих прогнозних даних, при реалізації майбутніх сценаріїв можливі декілька варіантів

розвитку як технологій, так і енергосистеми в цілому. Це обумовлено інтенсифікацією розробки нових технологій та модернізації існуючих, а також швидкістю, з якою в теперішній час змінюється ринкова кон'юнктура.

Таким чином, ми повинні аналізувати переважно всі можливі та раціональні варіанти нарощування обсягів певного виду ВДЕ, а також реалізувати таку стратегію управління, яка призведе до отримання максимального ефекту від комбінації приростів $Ef_{(U_j)}$ на кожному етапі.

Задача, яка постає перед нами, за своєю природою, формулюється як багатокроковий процес рішення. Задачі такого типу ми пропонуємо вирішити за допомогою методу динамічного програмування. Динамічне програмування (ДП) застосовується для вирішення саме таких проблем, в яких процес прийняття рішень може бути розбитий на низку кроків.

Для побудови ефективної стратегії покрокового розвитку ВДЕ і досягнення ефективного балансу між різними джерелами скористаємось економіко – математичною моделлю задачі, використовуючи обраною методикою динамічного програмування. Для загальних випадків модель задачі полягає у відшуканні екстремуму цільової функції, в нашому випадку ми повинні відшукати максимум.

Розглянемо процесу аналізу задачі більш детально. Цілком відомо, що кожному процесові притаманний останній (n-ий) крок, прийняття рішення на якому не залежить від попередніх рішень. Для реалізації поставленої мети, на цьому етапі застосовують таку управлінську стратегію, яка принесе найбільший виграш. Здійснивши планування останнього кроку, переходимо до аналізу та вибору найбільш ефективної стратегії управління стосовно попереднього кроку (стану процесу (n-1)), потім до наступного за ним, плануючі та аналізуючи таким чином всю ланку процесу, досягаючи початкового стану системи P^0. Таким чином, процес програмування ніби то згортається з кінця до початку, тому має іншу назву «процес зворотної згортки». Суттєвою умовою для планування стану системи на n-ому кроці є інформація щодо стану системи на (n-1) кроці. Якщо цей стан невідомий, то аналізуючи динаміку розвитку процесу та мету роблять припущення щодо можливих стратегій управління та відповідних прогнозних станів системи. Для

кожного з варіантів прогнозу обирають оптимальне управління на останньому *n*-ому кроці. Відповідно, дане управління прийнято називати умовно оптимальним.

Оптимальна стратегія має наступну властивість: якими б не були початковий стан системи і початкове рішення, наступні рішення повинні відповідати оптимальній стратегії дій по відношенню до стану, отриманого в результаті першого рішення. Іншими словами оптимальна стратегія залежить тільки від поточного стану системи і мети дій, і не залежить від передуючій ланки рішень.

В основі методу динамічного програмування лежить принцип оптимальності, сформульований Р. Беллманом (Bellman, R. E., 1963).

Суть принципу можна сформулювати так: на кожному кроці слід прагнути не тільки до оптимізації цільової функції, але й обирати таку оптимальну стратегію управління, яка надалі забезпечить оптимальність (ефективність) також всіх наступних кроків.

Математичне формулювання задачі динамічного програмування має наступний вигляд:

P_0 – початковий стан системи; P_n– кінцевий стан системи;

Тоді S= $(S_1,\ S_2,\ \dots, S_n)$ – оптимальна стратегія управління;

$Ef_{(U_{sum})} = f_n(P_{n-1}, S_n)$ – позначимо як виграш, який приносить стратегія управління S_n, на і-му кроці якщо перед цим система перебувала в стані P_{n-1};

$P_n = w_n(P_{n-1}, S_n)$ – відображає зміну стану системи під впливом стратегії управління S_1.

Рівняння Беллмана або основне рекурентне співвідношення динамічного програмування виражає умовний оптимальний виграш $Ef_{(U_{sum})}(P_{n-1})$ (починаючи з n-го кроку і до кінця) через функцію виграшу$Ef_{(U_{sum})\ n+1}(P_n)$:

$$Ef_{(U_{sum})\ n}(P_{n-1}) = \max_{S_n}\left\{f_n(P_{n-1}, S_n) + Ef_{(U_{sum})\ n+1}\left(w_n(P_{n-1}, S_n)\right)\right\} \qquad (3.3)$$

Умовно оптимальне управління відповідає вищевказаному виграшу на n-му кроці.

Почнемо розв'язання (згортання) задачі з кінця. Маємо здійснити умовну оптимізацію останнього (n-го) кроку.

$$Ef_{(U_{sum})_n}(P_{n-1}) = \max_{S_n}\{f_n(P_{n-1}, S_n)\} \quad (3.4)$$

Вказаною формулою визначається відповідне умовно оптимальне управління. Надалі, послідовно здійснюються умовна оптимізація (n-1)-го, (n-2)-го та інших передуючих кроків за формулою 3.3 і для кожного наступного кроку визначається стратегія умовно оптимального управління.

Після згортання здійснюється безумовна оптимізація шляхом зміни напряму – від початкового стану системи і першого кроку до кінцевого стану системи (останнього кроку). Розв'яжемо нашу задачу використовуючи функціональне рівняння Беллмана.

Розглянемо математичну модель розвитку ВДЕ на державному рівні з урахуванням еколого-економічного збитку від певних видів ВДЕ. В умовах обмеженості фінансових ресурсів, а також спираючись на необхідність інвестувати їх ефективно, постає задача найбільш раціонального розподілу грошових коштів. Держава не має достатніх ресурсів інвестувати у всі напрями розвитку ВДЕ одразу. Тому, на наш погляд, доцільно інвестувати першочергового у ті види ВДЕ, які на кожному з етапів розвитку енергосистеми принесуть найбільший сукупний економічний ефект $Ef_{(U_j)}$ при найменшому еколого-економічному збитку U_j. Таким чином, доцільно вважати, що найбільш раціональним є інвестування у розвиток тих видів ВДЕ, де буде отримано найбільший ефект (виграш) на одиницю інвестування за рахунок певної стратегії управління. В умовах невизначеності, приймемо за одиницю інвестування – 1 млн. грн.

Відповідно до цього, вкладення однієї одиниці інвестування в розвиток ВДЕ призводить до нарощування генерації енергоресурсу $Ef_{(U_j)}$ з певного j-го виду

ВДЕ, яке можна виразити формулою $y = f_j\left(Ef_{(sum)\,n}\right)$. Маємо знайти оптимальний розподіл державних інвестицій у розвиток ВДЕ, який дозволить забезпечити максимальний скупний приріст генерації енергоресурсів з усіх аналізуємих типів ВДЕ.

Звідси, математична постановка задачі полягає у визначенні найбільшого значення функції:

$$F = \sum_{j=1}^{n} f_j(\,Ef_{(sum)\,n}) \tag{3.5}$$

при умовах

$$\sum_{n=1}^{n} Ef_{(sum)\,n} = Ef_{(U_{\text{МГЕС}})} + Ef_{(U_{\text{СЕС}})} + Ef_{(U_{\text{ВЕС}})} \tag{3.6}$$

$$Ef_{(sum)\,n} \geq 0,\ (1 = 1, n) \tag{3.7}$$

Задача, яку ми розглянули вище належить до розділу математичного програмування. Невизначений характер функції $f_j\left(Ef_{(U_j)\,n}\right)$ значно ускладнює застосування звичайних методів находження екстремуму або аналогічних їм. Таким чином, для розв’язання завдання у нашому випадку, як ми вказували вище, застосуємо методику динамічного програмування. Розглянемо вихідний процес як багатоетапний.

Уникаючи розгляду розвитку енергосистеми в розрізі окремих напрямів (типів джерел) ВДЕ та аналізу їх виграшу, дослідимо ефективність інвестування спочатку у перший, потім у перший та другий, а після у всі три типи джерел ВДЕ. В результаті ми отримуємо три етапи (кроки). Зазначимо, що на всіх етапах стан системи виражається залежністю досягнутого ефекту від одиниці інвестування. Стратегією управління в нашому випадку виступає рішення про визначення

напряму певного j-го джерела як флагмана для вкладення державою грошових коштів на кожному етапі нашого багатокрокового процесу. Мета пролягає у застуванні таких стратегій управлінь, при яких функція $F = \sum_{j=1}^{n} f_1(Ef_{(sum)\,n})$ приймає максимальне значення.

Відповідно до умов наведених нами раніше (3.5 – 3.7), розв'яжемо поставлену задачу. При прогнозуванні можливих результатів розвитку певних j-их джерел ВДЕ, ми чітко можемо прослідити залежність між вкладенням однієї одиниці інвестування та приростом генерації енергоресурсів. Адже, як нами вказано вище, на кожну вкладену одиницю, припадає створення нової потужності або модернізація існуючої, яка в свою чергу, призводить до приросту генерації енергоресурсу від ВДЕ. Таким чином, для аналізу наскільки волатильним є розвиток того чи іншого j-ий типу ВДЕ стосовно до одиниці інвестування, достатньо дослідити декілька етапів, в нашому випадку для зручності ми прийняли 1 млн. грн. за одну одиницю інвестування. Таким чином, результати досліджуваних нами етапів інвестування на кожному з прогнозних відрізків будуть адекватно відображати реакцію кон'юнктури енергосистеми на стратегії управління та розвиток технологій на момент аналізу.

Побудуємо рекурентне співвідношення Беллмана.

Стосовно умов нашої задачі, співвідношення набуває наступного виду:

$$Ef_{(U_{sum})_1}(P_1) = \max_{0 \le P_1 \le P} \left\{ Ef_{(U_{sum})_1} \right\}; \tag{3.8}$$

$$Ef_{(U_{sum})_2}(P_2) = max(X_2 \le P_2)\, Ef_{(U_{\text{BEC}})}(P_2) + Ef_{(U_{sum})_3}(P_2 - S_2) \tag{3.9}$$

$$Ef_{(U_{sum})_{n-1}}(P_{\text{i}}) = \max_{0 \le P_{n-1} \le P} \{\, Ef_{(U_{j_{n-1}})}(P_{n-1}) + Ef_{(U_{sum})_{n-2}}(\text{P} - S_{n-1})\} \tag{3.10}$$

Використовуючи рекурентні співвідношення (3.10) і вихідні дані задачі (таб. 3.5, табл. 3.6) приступимо до знаходження розв'язку задачі, тобто до

знаходження спочатку умовно оптимальних, а потім і оптимальних розподілів інвестицій між проектами. Розрахуємо спочатку для консервативного сценарію.

Припустимо, що всі кошти в сумі $P_2 = 6$ одиниць інвестування вкладаються у джерело ВДЕ $Ef_{U_{(\text{CEC})}}$. У цьому випадку максимальний ефект, як видно з таблиці, буде дорівнювати $Ef_{(U_{\text{CEC}})}(S_3)$, отже сумарний виграш – $Ef_{(U_{sum})_3}(P_3)$, стратегію управління при якій досягається максимальний ефект (виграш) запишемо у останньому стовбці, табл.3.7.

Таблиця 3.7

Консервативний сценарій – розрахунок інвестування у джерело $Ef_{U_{(\text{CEC})}}$

P_2	S_3	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{CEC}})}(S_3)$	$Ef_{(U_{sum})_3}(P_3)$	$S_3(P_3)$	P_2	S_3
1	0	1	–265.17			1	–265.17
	1	0	390.59	390.59	1	0	390.59
2	0	2	–265.17			2	–265.17
	1	1	390.59	390.59	1	1	390.59
	2	0	365.50			0	365.50
3	0	3	–265.17			3	–265.17
	1	2	390.59	390.59	1	2	390.59
	2	1	365.50			1	365.50
	3	0	147.81			0	147.81
4	0	4	–265.17			4	–265.17
	1	3	390.59	390.59	1	3	390.59
	2	2	365.50			2	365.50
	3	1	147.81			1	147.81
	4	0	–573.34			0	–573.34
5	0	5	–265.17			5	–265.17
	1	4	390.59	390.59	1	4	390.59
	2	3	365.50			3	365.50
	3	2	147.81			2	147.81
	4	1	–573.34			1	–573.34
	5	0	0			0	0
6	0	6	–265.17			6	–265.17
	1	5	390.59	390.59	1	5	390.59
	2	4	365.50			4	365.50
	3	3	147.81			3	147.81
	4	2	–573.34			2	–573.34
	5	1	0			1	0
	6	0	0			0	0

Визначимо оптимальну стратегію розподілу інвестувань між джерелами ВДЕ $Ef_{U_{(\text{CEC})}}$ та $Ef_{U_{(\text{BEC})}}$. Рекурентне співвідношення Беллмана має вигляд:

$$Ef_{(U_{sum})_2}(P_2) = max(X_2 \le P_2)\{ Ef_{(U_{\text{BEC}})}(P_2) + Ef_{(U_{sum})_3}(P_2 - S_2)\} \quad (3.11)$$

Результати представимо в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Результати розрахунку інвестування у джерела ВДЕ $Ef_{U_{(\text{CEC})}}, Ef_{U_{(\text{BEC})}}$

(за консервативним сценарієм)

P_1	S_2	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{BEC}})}(P_2)$	$Ef_{(U_{\text{CEC}})}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_2}(P_2)$	$S_2(P_2)$
1	0	1	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	0	2165.86	0	2165.86		
2	0	2	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	1	2165.86	390.59	2556.45		
	2	0	152.46	0	152.46		
3	0	3	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	2	2165.86	390.59	2556.45		
	2	1	152.46	390.59	543.05		
	3	0	161.43	0	161.43		
4	0	4	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	3	2165.86	390.59	2556.45		
	2	2	152.46	390.59	543.05		
	3	1	161.43	390.59	552.02		
	4	0	163.95	0	163.95		
5	0	5	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	4	2165.86	390.59	2556.45		
	2	3	152.46	390.59	543.05		
	3	2	161.43	390.59	552.02		
	4	1	163.95	390.59	554.54		
	5	0	0	0	0		
6	0	6	3309.32	390.59	3699.91	3699.91	0
	1	5	2165.86	390.59	2556.45		
	2	4	152.46	390.59	543.05		
	3	3	161.43	390.59	552.02		
	4	2	163.95	390.59	554.54		
	5	1	0	390.59	390.59		
	6	0	568.56	0	568.56		

Із Таблиці 3.8 ми маємо, що $Ef_{(U_{sum})_2}(P_1 = 6)$ = 3699.91 МВт • год. Тобто, максимальний ефект системи при вкладенні 6 одиниць інвестування дорівнює 3699.91 МВт • год. З цієї ж таблиці отримуємо, що другому джерелу потрібно виділити $S_2(P_1$=6)=0. При цьому залишок одиниць інвестування становить: $P_2 = P_1 - S_2 = 6 - 0 = 6$.

На третє джерело припадає 6 одиниць інвестування. Таким чином, 6 одиниць інвестування повинні розподілятися таким чином: 1–му джерелу $Ef_{U_{(\text{МГЕС})}}$ виділити 0 одиниць інвестування; 2–му джерелу $Ef_{U_{(\text{ВЕС})}}$ виділити 0 одиниць інвестування; 3–му джерелу $Ef_{U_{(\text{СЕС})}}$ виділити 6 одиниць інвестування. Такий розподіл забезпечить максимальний сукупний ефект $Ef_{(U_{sum})}$ у кількості 444 065.99 МВт • год (табл 3.9).

Таблиця 3.9

Консервативний сценарій – розрахунок інвестування у джерела ВДЕ $Ef_{U_{(\text{СЕС})}}, Ef_{U_{(\text{ВЕС})}}$ та $Ef_{U_{(\text{МГЕС})}}$

P_0	S_1	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{ГЕС}})}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_0)$	$Ef_{(U_{sum})_0}(S_1, P_0)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_1)$	$S_1(P_1)$
1	0	1	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	0	119855.49	0	119855.49		
2	0	2	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	1	119855.49	3699.91	123555.4		
	2	0	76810.32	0	76810.32		
3	0	3	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	2	119855.49	3699.91	123555.4		
	2	1	76810.32	3699.91	80510.23		
	3	0	5179.55	0	5179.55		
4	0	4	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	3	119855.49	3699.91	123555.4		
	2	2	76810.32	3699.91	80510.23		
	3	1	5179.55	3699.91	8879.46		
	4	0	5997.03	0	5997.03		
5	0	5	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	4	119855.49	3699.91	123555.4		
	2	3	76810.32	3699.91	80510.23		
	3	2	5179.55	3699.91	8879.46		
	4	1	5997.03	3699.91	9696.94		
	5	0	2491.68	0	2491.68		
6	0	6	440366.08	3699.91	444065.99	444065.99	0
	1	5	119855.49	3699.91	123555.4		
	2		76810.32	3699.91	80510.23		
	3		5179.55	3699.91	8879.46		
	4		5997.03	3699.91	9696.94		
	5		2491.68	3699.91	6191.59		
	6		5432.42	0	5432.42		

Розрахуємо варіант розвитку за революційним сценарієм. Припустимо, що всі кошти в сумі $P_2 = 6$ одиниць інвестування вкладаються у джерело ВДЕ $Ef_{U_{(\text{СЕС})}}$.

У цьому випадку максимальний ефект, як видно з таблиці, буде дорівнювати $Ef_{(U_{\text{CEC}})}(S_3)$ = 52887.16 МВт • год, отже сумарний виграш $Ef_{(U_{sum})_3}(P_3) = Ef_{(U_{\text{CEC}})}(S_3)$ =52887.16 МВ • год, стратегію управління при якій досягається максимальний ефект (виграш) запишемо, як і у випадку з консервативним сценарієм у останньому стовбці. Результати наведені у табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Результати розрахунку інвестування у джерело $Ef_{U_{(\text{CEC})}}$

(за революційним сценарієм)

P_2	S_3	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{CEC}})}(S_3)$	$Ef_{(U_{sum})_3}(P_3)$	$S_3(P_3)$
1	0	1	3513.50		
	1	0	13784.51	13784.51	1
2	0	2	3513.50		
	1	1	13784.51	13784.51	1
	2	0	12899.26		
3	0	3	3513.50		
	1	2	13784.51		
	2	1	12899.26		
	3	0	19541.05	19541.05	3
4	0	4	3513.50		
	1	3	13784.51		
	2	2	12899.26		
	3	1	19541.05		
	4	0	23119.95	23119.95	4
5	0	5	3513.50		
	1	4	13784.51		
	2	3	12899.26		
	3	2	19541.05		
	4	1	23119.95		
	5	0	33667.62	33667.62	5
6	0	6	3513.50		
	1	5	13784.51		
	2	4	12899.26		
	3	3	19541.05		
	4	2	23119.95		
	5	1	33667.62		
	6	0	52887.16	52887.16	6

Визначимо оптимальну стратегію розподілу інвестувань між джерелами ВДЕ $Ef_{U_{(\text{CEC})}}$ та $Ef_{U_{(\text{BEC})}}$. Рекурентне співвідношення Беллмана в цьому випадку матиме вигляд:

$$Ef_{(U_{sum})_2}(P_2) = max(X_2 \le P_2)\{ Ef_{(U_{\text{BEC}})}(P_2) + Ef_{(U_{sum})_3}(P_2 - S_2)\} \qquad (3.12)$$

Результати розрахунків за революційним сценарієм для СЕС та ВЕС наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Результати розрахунку інвестування у джерела ВДЕ $Ef_{U_{(\text{CEC})}}, Ef_{U_{(\text{BEC})}}$

(за революційним сценарієм)

P_1	S_2	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{BEC}})}(P_2)$	$Ef_{(U_{\text{CEC}})}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_2}(P_2)$	$S_2(P_2)$
1	0	1	13681.23	13784.51	27465.74		
	1	0	60044.57	0	60044.57	60044.57	1
2	0	2	13681.23	13784.51	27465.74		
	1	1	60044.57	13784.51	73829.08	73829.08	1
	2	0	56391.92	0	56391.92		
3	0	3	13681.23	19541.05	33222.28		
	1	2	60044.57	13784.51	73829.08	73829.08	1
	2	1	56391.92	13784.51	70176.43		
	3	0	23102.49	0	23102.49		
4	0	4	13681.23	23119.95	36801.18		
	1	3	60044.57	19541.05	79585.62	79585.62	1
	2	2	56391.92	13784.51	70176.43		
	3	1	23102.49	13784.51	36887		
	4	0	35231.64	0	35231.64		
5	0	5	13681.23	33667.62	47348.85		
	1	4	60044.57	23119.95	83164.52	83164.52	1
	2	3	56391.92	19541.05	75932.97		
	3	2	23102.49	13784.51	36887		
	4	1	35231.64	13784.51	49016.15		
	5	0	21268.46	0	21268.46		
6	0	6	13681.23	52887.16	66568.39		
	1	5	60044.57	33667.62	93712.19	93712.19	1
	2	4	56391.92	23119.95	79511.87		
	3	3	23102.49	19541.05	42643.54		
	4	2	35231.64	13784.51	49016.15		
	5	1	21268.46	13784.51	35052.97		
	6	0	45384.19	0	45384.19		

Результати розрахунків за революційним сценарієм для СЕС, ВЕС та МГЕС наведено в табл. 3.12.

Із таблиці ми маємо, що $Ef_{(U_{sum})_1}(P_0 = 6)$ = 532090,16 МВт • год. Тобто, максимальний ефект системи при вкладенні 6 одиниць інвестування дорівнює

532090,16 МВт • год. З цієї ж Таблиці отримуємо, що першому джерелу потрібно виділити $S_1(P_0{=}6){=}0$. При цьому залишок одиниць інвестування становить: $P_1 = P_0 - S_1 = 6 - 0 = 6$.

Таблиця 3.12

Результати розрахунку інвестування у джерела ВДЕ

$Ef_{U_{(\text{СЕС})}}, Ef_{U_{(\text{ВЕС})}}$ та $Ef_{U_{(\text{МГЕС})}}$ (за революційним сценарієм)

P_0	S_1	$P_3 = P_2 - S_3$	$Ef_{(U_{\text{МГЕС}})}(P_1)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_0)$	$Ef_{(U_{sum})_0}(S_1, P_0)$	$Ef_{(U_{sum})_1}(P_1)$	$S_1(P_1)$
1	0	1	438377.97	60044.57	498422.54	498422.54	0
	1	0	81852.53	0	81852.53		
2	0	2	438377.97	73829.08	512207.05	512207.05	0
	1	1	81852.53	60044.57	141897.1		
	2	0	72395.93	0	72395.93		
3	0	3	438377.97	73829.08	512207.05	512207.05	0
	1	2	81852.53	73829.08	155681.61		
	2	1	72395.93	60044.57	132440.5		
	3	0	0	0	0		
4	0	4	438377.97	79585.62	517963.59	517963.59	0
	1	3	81852.53	73829.08	155681.61		
	2	2	72395.93	73829.08	146225.01		
	3	1	0	60044.57	60044.57		
	4	0	33412.00	0	33412		
5	0	5	438377.97	83164.52	521542.49	521542.49	0
	1	4	81852.53	79585.62	161438.15		
	2	3	72395.93	73829.08	146225.01		
	3	2	0	73829.08	73829.08		
	4	1	33412.00	60044.57	93456.57		
	5	0	830.56	0	830.56		
6	0	6	438377.97	93712.19	532090.16	532090.16	0
	1	5	81852.53	83164.52	165017.05		
	2	4	72395.93	79585.62	151981.55		
	3	3	0	73829.08	73829.08		
	4	2	33412.00	73829.08	107241.08		
	5	1	830.56	60044.57	60875.13		
	6	0	2328.18	0	2328.18		

Із 2-го кроку ми маємо, що $Ef_{(U_{sum})_2}(P_1 = 6)$ = 93712,19 МВт • год. Тобто, максимальний ефект системи при вкладенні 6 одиниць інвестування дорівнює 93712,19 МВт • год. З цієї ж Таблиці отримуємо, що другому джерелу потрібно виділити $S_2(P_1{=}6){=}1$. При цьому залишок одиниць інвестування становить: $P_2 = P_1 - S_2 = 6 - 1 = 5$.

На третє джерело припадає 5 одиниць інвестування.

Таким чином, 6 одиниць інвестування повинні розподілятися таким чином: $Ef_{U_{(\text{МГЕС})}}$ виділити 0 одиниць інвестування, $Ef_{U_{(\text{ВЕС})}}$ виділити 1 одиниць інвестування, $Ef_{U_{(\text{СЕС})}}$ виділити 5 одиниць інвестування. Такий розподіл забезпечить максимальний сукупний ефект $Ef_{(U_{sum})}$ у кількості 532 090,16 МВт • год.

Запропонований підхід може бути реалізований на основі міжсекторальних взаємозв'язків в системі енерговиробництва, що передбачає узгоджену взаємодію органів влади, підприємств енергетичної галузі, місцевої громади та фізичних осіб й реалізацію державою стимулювальних заходів, які полягають у виборі стратегій оптимального розподілу грошових коштів на розвиток ВДЕ.

В роботі проведено розрахунки оптимальної комбінації максимальних значень $Ef_{(U_j)}$ та на основі принципу оптимальності Белмана визначено оптимальну стратегію розподілу грошових коштів держави для консервативного та революційного сценаріїв переходу країни на ВДЕ. Максимальний ефект від нарощення обсягів генерації енергії з ВДЕ з урахуванням еколого-економічного збитку складає $Ef_{(U_{sum})}$ = 444065,99 МВт • год (за консервативним сценарієм) та 532090,16 МВт • год (за революційним сценарієм). Це може бути досягнуто при реалізації стратегії управління, яка передбачає першочергове переважне фінансування підприємств ВДЕ типу СЕС.

Висновки по третьому розділу

Набули подальшого розвитку способи діагностики еколого-економічних показників, як ключових елементів впровадження механізму економічного стимулювання використання ВДЕ. З метою реалізації стратегічних напрямків використання ВДЕ доведена необхідність розроблення організаційно-економічного механізму впровадження економічно доцільних та екологічно безпечних ВДЕ, що включає систему солідарної співпраці стейкхолдерів, зацікавлених у прозорому ринку енергоресурсів (уряду, банків, підприємств, населення та ін.); систему управління функціонуванням ВДЕ, що враховує

показники еколого-економічної збиткоємності процесів генерації електричної енергії; систему фінансового забезпечення розвитку ВДЕ за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту; інструментарій стимулювання впровадження ВДЕ в національній економіці.

Істотно висока вартість ВДЕ передбачає пошук економічно доцільних джерел фінансових ресурсів на впровадження ВДЕ та їх розподіл між видами ВДЕ. Це дозволяє визначити економічно обґрунтоване співвідношення традиційних джерел і ВДЕ з використанням принципів рекурентного співвідношення Беллмана. Максимальний обсяг нарощення обсягів генерації енергії за рахунок ВДЕ може становити 444,07 ГВт • год за консервативним і 532,09 ГВт • год за революційним сценаріями з урахуванням зменшення еколого-економічного збитку та збереження енергетичних ресурсів для майбутніх поколінь

Результати дослідження розділу 3 відображені у працяї (Павлик, 2016 а; Павлик, 2017 а; Bilan, … & Pavlyk, 2019; Павлик, 2015; Павлик & Люльов, 2018; Павлик, … & Шкодкіна, 2018).

ВИСНОВКИ

У дисертації здійснено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукового завдання – вдосконалення теоретичних положень та науково-методичних засад оцінювання еколого-економічної ефективності використання ВДЕ.

За результатами дослідження зроблено такі висновки:

1. Застосування ВДЕ поряд із позитивними має негативні наслідки у вигляді екодеструктивного впливу на навколишнє природне середовище. Екодеструктивний вплив виявляється на всіх етапах і фазах життєвого циклу енергетичного продукту. В той самий час екодеструктивний вплив ВДЕ істотно менший за традиційні джерела. Врахування екодеструктивного впливу дозволяє приймати більш зважені управлінські рішення щодо розвитку ВДЕ.

2. Поєднання CLD-аналізу і теорії життєвого циклу енергетичного продукту дозволяє обґрунтувати науково-методичний підхід до виявлення причинно-наслідкових зв’язків між екодеструктивним впливом на навколишнє середовище за стадіями й фазами життєвого циклу енергетичного продукту відповідно до традиційних джерел і ВДЕ з урахуванням умов забезпечення енергетичної, екологічної та економічної безпеки на різних рівнях управління.

3. Удосконалені науково-методичні засади оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження ВДЕ дозволяють визначити негативні еколого-економічні наслідки застосування ВДЕ за етапами й фазами життєвого циклу енергетичного продукту у вигляді зменшення вартості земельних ділянок, підвищення електромагнітного та шумового забруднення й розміщення забруднених стічних вод у навколишньому середовищі.

4. Урахування еколого-економічних наслідків використання ВДЕ за етапами та фазами життєвого циклу енергетичного продукту дозволяє реалізувати методичний підхід до наукового обґрунтування оптимальної структури енергозабезпечення національної економіки на основі поєднання традиційних джерел і ВДЕ з урахуванням еколого-економічних обмежень, що дає можливість

сформувати стратегічні напрямки енергетичного забезпечення національної економіки та додержання вимог еколого-економічної безпеки енергетичного виробництва. Проведені розрахунки оптимальної структури забезпечення національної економіки електричною енергією показали, що кількість енергії, що виробляється за рахунок ВДЕ, може збільшитись із 4,6 % на початку 2019 року до 8,7 % на кінець 2025 року.

5. З метою реалізації стратегічних напрямків використання ВДЕ доведена необхідність розроблення організаційно-економічного механізму впровадження економічно доцільних та екологічно безпечних ВДЕ, що включає систему солідарної співпраці стейкхолдерів, зацікавлених у прозорому ринку енергоресурсів (уряду, банків, підприємств, населення та ін.); систему управління функціонуванням ВДЕ, що враховує показники еколого-економічної збиткоємності процесів генерації електричної енергії; систему фінансового забезпечення розвитку ВДЕ за стадіями життєвого циклу енергетичного продукту; інструментарій стимулювання впровадження ВДЕ в національній економіці.

6. Істотно висока вартість ВДЕ передбачає пошук економічно доцільних джерел фінансових ресурсів на впровадження ВДЕ та їх розподіл між видами ВДЕ. Це дозволяє визначити економічно обґрунтоване співвідношення традиційних джерел і ВДЕ з використанням принципів рекурентного співвідношення Беллмана. Максимальний обсяг нарощення обсягів генерації енергії за рахунок ВДЕ може становити 444,07 ГВт • год за консервативним і 532,09 ГВт • год за революційним сценаріями з урахуванням зменшення еколого-економічного збитку та збереження енергетичних ресурсів для майбутніх поколінь.

7. Запропоновані в роботі практичні рекомендації й методичне забезпечення оцінювання еколого-економічної ефективності використання ВДЕ дозволяють визначати пріоритетні цілі розвитку енергетичного сектору економіки на національному та виробничому рівнях, а також реалізовувати програми природоохоронних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abbasi, S. A., & Abbasi, N. (2000). The likely adverse environmental impacts of renewable energy sources. *Applied Energy, 65*(1-4), 121-144.
2. Abbasi, S. A., & Abbasi, T. (2016). Impact of wind-energy generation on climate: A rising spectre. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 59*, 1591-1598.
3. Adil, A. M., & Ko, Y. (2016). Socio-technical evolution of Decentralized Energy Systems: A critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57*, 1025-1037.
4. Akella, A. K., Saini, R. P., & Sharma, M. P. (2009). Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy, 34*(2), 390-396.
5. Al-faruq, U., Sagala, S., Rianawati, E., & Currie, E. (2016). Assessment of Renewable Energy Impact to Community Resilience in Sumba Island. *Resilience Development Initiative, 9*.
6. Al-mulali, U., Fereidouni, H. G., Lee, J. Y., & Sab, C. N. B. C. (2013). Exploring the relationship between urbanization, energy consumption, and CO2 emission in MENA countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 23*, 107-112.
7. Amado, M., & Poggi, F. (2014). Energy Procedia. *Solar energy integration in urban planning: GUUD model*, 277-284.
8. Amri, F. (2016). The relationship amongst energy consumption, foreign direct investment and output in developed and developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 64*, 694-702.
9. Apergis, N., & Payne, J. E. (2014). Renewable energy, output, CO2 emissions, and fossil fuel prices in Central America: Evidence from a nonlinear panel smooth transition vector error correction model. *Energy Economics, 42*, 226-232.
10. Armannsson, H. & Kristmaunsdottir H. (1992) Geothermal environmental impact. *Geothermics*
11. Assembly, G. (2015). Sustainable development goals. *SDGs), Transforming our world: the, 2030*.

12. Axtmann, R. C. (1975). Environmental impact of a geothermal power plant. *Science*, *187*(4179), 795-803.
13. Bates, J. E., Watkiss, P., & Thorpe, T. W. (1996). The environmental implications of renewables. *A report to the IEA Renewable Energy Working Party (Draft version 2). Paris, France: International Energy Agency (IEA/OECD)*.
14. Behrouzi, F., Nakisa, M., Maimun, A., & Ahmed, Y. M. (2016). Global renewable energy and its potential in Malaysia: A review of Hydrokinetic turbine technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *62*, 1270-1281.
15. Bellman, R. E., & Cooke, K. L. (1963). Differential-difference equations. *A report prepared for United States Air Force Project Rand*.
16. Bezdek, R. H. (1993). The environmental, health, and safety implications of solar energy in central station power production. *Energy*, *18*(6), 681-685.
17. Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, *162*, 733-741.
18. Bilan, Y., Streimikiene, D., Vasylieva, T., Lyulyov, O., Pimonenko, T., & Pavlyk, A. (2019). Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership. *Sustainability*, *11*(6), 1528.
19. Boyle, G. (1996). *Renewable energy: power for a sustainable future* (Vol. 2). Oxford University Press.
20. Chapman, C., & Ward, S. (1996). Valuing the flexibility of alternative sources of power generation. *Energy Policy*, *24*(2), 129-136.
21. China Energy Portal (2016). Open sourse: https://chinaenergyportal.org/en/2016-detailed-electricity-statistics/
22. Cho, S., Heo, E., & Kim, J. (2015). Causal relationship between renewable energy consumption and economic growth: comparison between developed and less-developed countries. *Geosystem Engineering*, *18*(6), 284-291.

23. Desideri, U., Proietti, S., Zepparelli, F., Sdringola, P., & Bini, S. (2012). Life Cycle Assessment of a ground-mounted 1778 kWp photovoltaic plant and comparison with traditional energy production systems. *Applied Energy*, *97*, 930-943.
24. Dodman, D. (2009). Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. *Environment and urbanization*, *21*(1), 185-201.
25. Dogan, E., & Ozturk, I. (2017). The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO 2 emissions in the USA: evidence from structural break tests. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(11), 10846-10854.
26. Egré, D., & Milewski, J. C. (2002). The diversity of hydropower projects. *Energy Policy*, *30*(14), 1225-1230.
27. European Commission guidance for the design of renewables support schemes. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/com_2013_ public_intervention_swd04_en.pdf
28. Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and sustainable energy reviews*, *13*(5), 1082-1088.
29. Fang, Y. (2011). Economic welfare impacts from renewable energy consumption: the China experience. *Renewable and sustainable energy Reviews*, *15*(9), 5120-5128.
30. Gadgil, M. (1993). Biodiversity and India's degraded lands. *AMBIO-STOCKHOLM-*, *22*, 167-167.
31. Gagnon, L., Belanger, C., & Uchiyama, Y. (2002). Life-cycle assessment of electricity generation options: The status of research in year 2001. *Energy policy*, *30*(14), 1267-1278.
32. Ghosh, K. (1995). Environmental aspects of wind energy. *Energy Environmental Monitor*. (11). 13-19

33. Guezuraga, B., Zauner, R., & Pölz, W. (2012). Life cycle assessment of two different 2 MW class wind turbines. *Renewable Energy*, *37*(1), 37-44.

34. Hamelinck C., De Loveinfosse I., Koper M., Beestermoeller C., Nabe C., Kimmel M., ... & Steinhilber S. (2012). Renewable energy progress and biofuels sustainability. *Ecofys, London*, 450 p.

35. Harte, J., & Jassby, A. (1978). Energy technologies and natural environments: the search for compatibility. *Annual Review of Energy*, *3*(1), 101-146.

36. Hofierka, J., & Kaňuk, J. (2009). Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools. *Renewable energy*, *34*(10), 2206-2214.

37. Hötker, H., Thomsen, K. M., & Köster, H. (2006). Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. *Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation. Michael-Otto-Institut im NABU, Bergenhusen*, *65*.

38. Hullin, M., Sambucini, G., Tinschert, L., & Uherova, H. UNECE renewable energy status report 2017.

39. IEA (2016). *World final consumption*. Взято з відкритого електронного джерела: https://www.iea.org/Sankey/index.html#?c=World&s=Final%20consumption

40. Inhaber, H. (2004). Water use in renewable and conventional electricity production. *Energy Sources*, *26*(3), 309-322.

41. Jevons, W. S. (1866). The coal question: an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines. *London: Macmillan*. 374.

42. Johnson, J. D., & Hinman, C. W. (1980). Oils and rubber from arid land plants. *Science*, *208*(4443), 460-464.

43. Kammen, D. M., & Sunter, D. A. (2016). City-integrated renewable energy for urban sustainability. *Science*, *352*(6288), 922-928.

44. Khazzoom, J. D. (1980). Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. *The energy journal*, *1*(4), 21-40.

45. Khudolei, V. Y., Ponomarenko, T. V., & Prokopenko, O. V. (2018). Energy Efficiency as a Part of Energy Trilemma. *Scientific Bulletin of Polissia*, *13*.

46. Leigh, J. P., Markowitz, S. B., Fahs, M., Shin, C., & Landrigan, P. J. (1997). Occupational injury and illness in the United States: estimates of costs, morbidity, and mortality. *Archives of Internal Medicine*, *157*(14), 1557-1568.

47. Lins, C., Williamson, L. E., Leitner, S., & Teske, S. (2014). The first decade: 2004—2014: 10 years of renewable energy progress. *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*.

48. Martínez, E., Sanz, F., Pellegrini, S., Jiménez, E., & Blanco, J. (2009). Life cycle assessment of a multi-megawatt wind turbine. *Renewable energy*, *34*(3), 667-673.

49. Menegaki, A. N. (2011). Growth and renewable energy in Europe: a random effect model with evidence for neutrality hypothesis. *Energy economics*, *33*(2), 257-263.

50. Nouni, M. R., Mullick, S. C., & Kandpal, T. C. (2006). Techno-economics of micro-hydro projects for decentralized power supply in India. *Energy Policy*, *34*(10), 1161-1174.

51. Orr, F. M. (2015, November). 2015 Quadrennial Technology Review. In *Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*. ACM.

52. Phylipsen, G. J. M., & Alsema, E. A. (1995). *Environmental life-cycle assessment of multicrystalline silicon solar cell modules*. Utrecht: Department of Science, Technology and Society, Utrecht University.

53. Pimentel, D., Fried, C., Olson, L., Schmidt, S., Wagner-Johnson, K., Westman, A., ... & Sobin, R. (1983). Biomass energy: environmental and social costs. *Environmental Biology Report*, *832*, 2-83.

54. Pimentel, D., Fried, C., Olson, L., Schmidt, S., Wagner-Johnson, K., Westman, A., ... & Sobin, R. (1984). Environmental and social costs of biomass energy. *BioScience*, *34*(2), 89-94.

55. Porter, M. E. (2008). The five competitive forces that shape strategy. *Harvard business review*, *86*(1), 25-40.

56. Prokopenko, O., & Marekha, I. (2016). Framing Ecological Values In The Global Natural Resource Economics. *MIND Journal*, (1), 1-11.

57. Prokopenko, O., Chayen, S., Cebula, J., & Pimonenko, T. (2017). Wind energy in Israel, Poland and Ukraine: Features and opportunities. *International Journal of Ecology and Development*, *32*(1), 98-107.

58. Prokopenko, O., Omelyanenko, V., & Klisinski, J. (2018). Innovation Policy Developmet Conceptual Framework for National Resource Security Providing. *Journal of Advanced Research in Management*, *9*(5), 1099-1107.

59. Raluy R. G. et al. Life-cycle assessment of desalination technologies integrated with energy production systems //Desalination. – 2004. – Т. 167. – С. 445-458.

60. Reiche, D., & Bechberger, M. (2004). Policy differences in the promotion of renewable energies in the EU member states. *Energy policy*, *32*(7), 843-849.

61. Renewable Energy Law of the People's Republic of China (2007). Відновлено з http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content_1384096.htm

62. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2005). Renewables 2004. Global status report 2004. *Paris: REN21 Secretariat REN21*. Відновлено з http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE2005_Global_Status_Report.pdf

63. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2008). Renewables 2007. Global status report 2007. *Paris: REN21 Secretariat REN21*.

64. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2014). Renewables 2014. Global status report 2014. *Paris: REN21*

Secretariat REN21. Відновлено з http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf

65. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2016). Renewables 2015. Global status report 2015. *Paris: REN21 Secretariat REN21*. Відновлено з http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_KeyFindings_en_10.pdf
66. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2018). Renewables 2017. Global status report 2017. *Paris: REN21 Secretariat REN21*. Відновлено з http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/GSR2017_Highlights_FINAL.pdf
67. Sawin, J. L., Sverrisson, F., Chawla, K., Lins, C., Adib, R., Hullin, M., ... & Wright, G. (2019). Renewables 2018. Global status report 2018. *Paris: REN21 Secretariat REN21*.
68. Schleisner, L. (2000). Life cycle assessment of a wind farm and related externalities. *Renewable energy*, *20*(3), 279-288.
69. Schneider, S. H. (2003). Senate Committee on Commerce, Science and Transportation: Hearing on 'The Case for Climate Change Action.
70. Shafiei, S., & Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO2 emissions in OECD countries: A comparative analysis. *Energy Policy*, *66*, 547-556.
71. Sheikh, N. J., Kocaoglu, D. F., & Lutzenhiser, L. (2016). Social and political impacts of renewable energy: Literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, *108*, 102-110.
72. Siddayao, C. M. (Ed.). (1993). *Energy investments and the environment: A collection of papers prepared for a workshop organized by the Economic Development Institute of the World Bank in October 1990*. The World Bank.
73. Singh, R., & Banerjee, R. (2015). Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city. *Solar Energy*, *115*, 589-602.
74. Smil, V. (2015). *Power density: a key to understanding energy sources and uses*. MIT Press.

75. Solargis – карта потужності сонячного випромінювання. Відновлено з : Solargis.info/imaps
76. Stewart, G. B., Pullin, A. S., & Coles, C. F. (2007). Poor evidence-base for assessment of windfarm impacts on birds. *Environmental Conservation*, *34*(1), 1-11.
77. Stoddard, S., Jans, L., Ripple, J. M., & Kraus, L. (1998). Chartbook on Work and Disability in the United States, 1998.
78. Tandon, H. L. S. (1992). *Fertilisers, organic manures, recyclable wastes, and biofertilisers*. Fertiliser Development and Consultation Organisation.
79. Tandon, H. L. S. (1995). *Recycling of crop, animal, human and industrial wastes in agriculture*. Fertiliser Development and Consultation Organisation.
80. Terziotti, L. T., Sweet, M. L., & McLeskey Jr, J. T. (2012). Modeling seasonal solar thermal energy storage in a large urban residential building using TRNSYS 16. *Energy and buildings*, *45*, 28-31.
81. Tiwari, A. K. (2011). A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO2 emissions: evidence from India. *Economics Bulletin*, *31*(2), 1793-1806.
82. Tremeac, B., & Meunier, F. (2009). Life cycle analysis of 4.5 MW and 250 W wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(8), 2104-2110.
83. Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy policy*, *33*(3), 289-296.
84. Vasileiadou, E., Huijben, J. C., & Raven, R. P. J. M. (2016). Three is a crowd? Exploring the potential of crowdfunding for renewable energy in the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, *128*, 142-155.
85. Wang, Z., Yang, W., Qiu, F., Zhang, X., & Zhao, X. (2015). Solar water heating: From theory, application, marketing and research. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 68-84.
86. Wei, H., Liu, J., & Yang, B. (2014). Cost-benefit comparison between Domestic Solar Water Heater (DSHW) and Building Integrated Photovoltaic (BIPV) systems for households in urban China. *Applied energy*, *126*, 47-55.

87. Wilburn, D. R. (2011). *Wind energy in the United States and materials required for the land-based wind turbine industry from 2010 through 2030*. US Department of the Interior, US Geological Survey.

88. World Bank database. Відновлено з https://data.worldbank.org

89. World Energy Investment 2018 (2018). *IEA Publications.* Відновлено з https://webstore.iea.org/world-energy-investment-2018

90. World Resources Institute, & the International Inst. (1988). *1988/89*. Basic Books.

91. Wu, D., & Wang, R. (2006). Combined cooling, heating and power: A review. *progress in energy and combustion science*, *32*(5-6), 459-495.

92. Zharova, L. (2016). Environmental peacebuilding as mechanism of sustainable development during the special period. *Economics of Nature and the Environment*, 44-52.

93. Андреева, Н. & Харичков, С. (2000). Экологоориентированные инвестиции в системе обеспечения ресурсно-экологической безопасности. *Одесса: Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины*, 196 с.

94. Андрєєва, Н. (2007) Теоретико-методологічні засади екологізації інвестиційної діяльності (Автореф. дис. доктора екон.наук. *Одеса:спец. 08.00.06. «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища»),* 33 с.

95. Андреева, Н. (2006). Экологически ориентированные инвестиции: выбор решений и управление: [монография]. *Одесса: ИПРЭЭИ НАН Украины*, 536 с.

96. Андрєєва, Н. (2013). Методичні підходи до діагностики та комплексної оцінки ефективності інвестицій в природоперетворювальні проекти: соціо-еколого-економічний аспект: монографія. *Одеса: Феникс*, 124 с

97. Балацький, О., Петрушенко, М., & Шевченко, Г. (2012). Конфліктна складова системи соціоприродних зв'язків у економічній сфері взаємовідносин. *Mechanism of Economic Regulation,* (2), 140-153.

98. Бараннік, В. (2015). Енергоємність ВВП держави: історичні паралелі та уроки для України. *Стратегічні пріоритети,* (1), 113-119.

99. Бархатов, О., & Ковальчук, І. (2013). Проблеми енергозбереження в Україні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*, (142), 88-89.

100. Биба, В. & Чмирь, О. (2013). Розвиток альтернативних джерел енергії як інструмент забезпечення енергетичної безпеки України. *SWorld*. Відновлено з http://www.sworld.com.ua/konfer30/501.pdf

101. Вамболь, С., & Сичікова, Я. (2016). Екологічні ризики використання енергії сонця. *Проблеми екологічної безпеки.*

102. Васильчук, І. (2013 а). Краудфандінг і краудінвестінг як фінансові інновації. *Ринок цінних паперів України*, (11-12), 59-67.

103. Васильчук, І. (2013 б). Краудфандінг як феномен постіндустріальної економіки. *Ефективна економіка*, (11).

104. Внедрение возобновляемых источников энергии (2010). Принципы эффективной политики и стратегий. Відновлено з https://www.iea.org/media/translations/russian/deploying_renewables_rus.pdf

105. Войтко, С. (2013). Системний аналіз енергетичної безпеки країн: аспект використання відновлювальних джерел енергії. *Економічний форум*, (4), 29-35.

106. Гавриш, О., & Нараєвський, С. (2014). Апробація системи оцінювання альтернативних технологій отримання електроенергії. *Економічний вісник НТУУ «КПІ».* (11). 542-547.

107. Геєць, В. (2016). Розвиток та взаємодія економічної та енергетичної політики в Україні (стенограма наукової доповіді на засіданні Президії

НАН України 16 грудня 2015 р.). *Вісник Національної академії наук України*, (2), 46-53.

108. Гелетуха, Г., & Желєзна, Т. (2010). Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Частина 2. *Промышленная теплотехника*.
109. Гладка, Л., & Мироненко, А. (2016). Проблемні аспекти енергозбереження на промислових підприємствах України. *Молодий вчений*, (6), 21-25.
110. Глівенко, С., & Павлик, А. (2016). Збільшення енергобезпеки країни за рахунок відновлювальних джерел енергії: напрямки реалізації. *Вісник Сумського державного університету. Серія: Економіка*, (4), 7-13.
111. Гринева, Н. (2008). Экономико-математическое моделирование: математическое моделирование микроэкономических процессов и систем. *Москва: Финакадемия*. 104.
112. Дерейко, Х., Козяр, Н., & Одноріг, З. (2015). Оцінка екологічного впливу використання сонячної енергетики за методологією оцінювання життєвого циклу. «*Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування.* (812). 313-319
113. Державна служба статистика України. Відновлено з http://www.ukrstat.gov.ua/
114. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Відновлено з land.gov.ua
115. Дідух, Я. (2007). Енергетичні проблеми екосистем і забезпечення сталого розвитку України. *Вісник національної академії наук України*, (4), 3-12.
116. Дудченко, О. Альтернативні джерела енергоресурсів в Українському Причорномор'ї. *Аналітична записка*. Відновлено з www. niss. od. ua/p/285.doc
117. Дудюк, Д., Мазепа, С., & Гнатишин, Я. (2006). *Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі*: Навч посіб. Львів: «Магнолія 2006»

118. Думанський, В., Біткін, С., Думанський, Ю., Нікітіна, Н., Томашевська, Л., Медведєв, С., ... & Павлик, В. (2014). Гігієнічна оцінка просторового розподілу у навколишньому середовищі електричного та магнітного поля, що створюється вітровими електростанціями. *Гігієна населених місць*, (64), 152-161.

119. Дячук, О., Чепелєв, М., Подолець, Р. & Трипольська, Г. (2017). *Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року*; за заг. ред. Ю. Огаренко та О. Алієвої. Київ: Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА».

120. Енговатов, И. & Былкин, Б. (2017). *Вывод из эксплуатации реакторных установок*. Litres.

121. Енергетичний баланс України (2007-2017). *Державна служба статистика України.*

122. ЕС 2009/28/ЕС (2009). Директива ЕС про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел.

123. Жарова, Л. (2012). Макроекономічне регулювання природоохоронної діяльності: монографія. *Суми: Університетська книга*, 296 С.

124. Жулавський, А., Деркач, М. & Кобушко, І. (2009). Механізм екологізації етапів життєвого циклу товару. *Механізм регулювання економіки* (3), 48-53

125. Закон України. (1998). Про електроенергетику. №575/97-ВР.

126. Ілляшенко, С., & Ильяшенко, С. (2003). Составляющие экономической безопасности предприятия и подходы к их оценке.

127. Кадеряк, П., Пато, Ж., & Солноки, П. (2011). *Регулирование возобновляемой энергии*. ERRA, 113 с.

128. Карелина, И. (2001). Математические модели микроэкономики. *В. Воронеж*, 38

129. Кваша, І. (2012). Стан енергетичної безпеки України (оцінка та методологія розрахунку). *Загрози енергетичній безпеці України в умовах посилення конкуренції: матеріали засідання «круглого столу*, 110-115.

130. Кіндзерський Ю. В. (2013 а). Промисловість України: стратегія і політика структурно-технологічної модернізації: монографія. *Київ, Інститут економіки та прогнозування НАН України*, 536 с.
131. Кіндзерський Ю. (2013 б). До питання формування стратегії розвитку промисловості, політики та механізмів її реалізації. *Економіст*, (8), С. 51-60.
132. Киндзерский Ю. (2014). О стратегии модернизации промышленности Украины. *Общество и экономика*. (1). 113-143
133. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (2006). 995_801.
134. Клопов І. (2016) Механізми державної підтримки альтернативної енергетики. *Проблеми та перспективи економіки та управління*, №1(5). С. 117-124.
135. Кологривов, Я. (2014). Стратегічний розвиток підприємств енергетики: циклічність розвитку та життєвий цикл. *Економічний вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут*, (11), 146-150.
136. Котковський, В. (2007). *Державне регулювання економічної безпеки в Україні* (Дис. д-ра. наук.) Котковський Володимир Романович, Запоріжжя..
137. Кубатко, О. (2018) Теоретико-методологічні засади розвитку еколого-економічних систем в умовах флуктуацій. (Дис. д-ра екон. наук) Суми: Сумський державний університет.
138. Курбатова, Т. (2015). Економічні механізми стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в Європейському Союзі. *Механізм регулювання економіки*, (4), 66.
139. Мазур, І. (2012). Енергоємність валового внутрішнього продукту України: передумови зниження. *Вісник ТНЕУ, (1),* 64-72

140. Матвійчук, Л., & Герасимчук, Б. (2013). Економічна доцільність використання альтернативних джерел енергії. *Економічний форум*, (4), 12-16.

141. Матюшенко, О. (2010). Життєвий цикл підприємства: сутність, моделі, оцінка. Проблеми економіки, (4), 82-91.

142. Мельник Л., Деревянко Ю. & Кубатко О. (2014). Соціальна та солідарна економіка: поняття та сутність, досвід та перспективи. *Механізм регулювання економіки*, № 3, С. 89-98.

143. Мельник Л., Мельник О., Карінцева О., Сотник І. & Сабадаш В. (2007) Концептуальні підходи до змін моделей споживання та виробництва при переході до стійкого розвитку. *Механізм регулювання економіки,* (3). 51-58

144. Мельник Л. & Шапочка М. (2005). *Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням*: Підручник. Суми: ВТД «Університетська книга».

145. Мельник, Л. & Карінцева, А. (2004). *Методи оцінки екологічних втрат*. Суми: ВТД «Університетська книга».

146. Мельник, Л. (2005). *Основи стійкого розвитку*. Университетская книга

147. Мішенін, Є. & Олійник, Н. (2010). Розвиток ринку екосистемних послуг як напрямок посткризового зростання економіки України

148. Мхитарян, Н. (1999). *Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников*. Опыт и перспективы/Мхитарян НМ–К.: Наукова думка.

149. Нараєвський, С. (2012). Класифікація традиційних та альтернативних джерел і технологій отримання енергії. *Економічні науки. Сер.: Економіка та менеджмент*, (1).

150. Никитина, З. (2010). *Организационно-экономический механизм экологизации сельскохозяйственного производства (теория, методология, практика)* (Дис. д-ра наук) Всероссийский институт аграрных проблем и информатики им. АА Никонова.

151. Ободовський, О., Рахматулліна, Е. & Тимуляк, Л. (2016). Коротка історія розвитку та сучасний стан малої гідроенергетики на рівнинних річках України. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, (4), 94.

152. Окаряченко Г. (2013). Оцінка енергетичної ефективності економіки України. *Economics and Law*, (3 (37)), 143-147

153. Опалько В. (2016) Мегатренди розвитку у світовій енергетиці. *Економічний простір,* (109). 41-51.

154. Офіційний сайт державного підприємства «Енергоринок». Архів цін, що склалися в ОРЕ. Взято з відкритого електронного джерела: Відновлено з http://www.er.gov.ua/doc.php?c=1231

155. Офіційний сайт Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП). *Статистична інформація*. Відновлено з http://www.nerc.gov.ua/?id=24747

156. Офіційний сайт незалежної статистики та аналітики США EIA. Відновлено з https://www.eia.gov/

157. Павленко, О. (2007). Экономический механизм повышения заинтересованности предприятий в производстве экологически безопасной продукции. Дисертація кандидата економічних наук. *Ростов-на-Дону.* 170

158. Павлик, А. & Люльов, О. (2018) Відновлювальних джерела енергії. Міжнародний досвід еколого-орієнтовних досліджень. *Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ: збірник тез доповідей II Всеукраїнської науково-практичної конференції.* 233-236.

159. Павлик, А. & Тарабан, Н. (2017) Міжнародний досвід впровадження відновлювальних джерел енергії та її потенціал для вітчизняного енергетичного ринку. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія «Економіка і менеджмент».* (26), 45-49.

160. Павлик, А. & Федина, С. (2018) Еколого-економічні фактори впровадження відновлювальних джерел енергії в регіонах. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті : національна візія та виклики глобалізації : зб. тез доп. П'ятнадцятої Ювілейної Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених.* 102-104.

161. Павлик, А. (2014). Стан розвитку альтернативних джерел енергії та актуальність їх використання в Україні. *Вісник Сумського державного університету. Серія: Економіка*, (4), 14-20.

162. Павлик, А. (2015) Використання «зеленого тарифу» як інтсрументу стимулювання інвестиційної привабливості галузі. *Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науковопрактичної конференції імені проф. Балацького О. Ф.* 90-91.

163. Павлик, А. (2016 а). Енергозбереження як елемент енергонезалежної стратегії; Energy efficiency as an element of energy independence strategy. *Науковий журнал Економічний вісник Національного гірничого університету; Научный журнал Экономический вестник Национального горного университета; Scientific journal Economic Bulletin of the National Mining University*.

164. Павлик, А. (2016 б) Тендеції та проблематика розвитку альтернативних джерел енергії в ххі столітті. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації: зб. тез доп. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених.* 193-194

165. Павлик, А. (2016 в) Використання альтернативних джерел енергії у виробничому секторі. *Економічні проблеми сталого розвитку : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О.Ф.* 116-118.

166. Павлик, А. (2017 а) Оцінка енергоефективності як основа побудови енергонезалежної стратегії. *Науковий журнал Економіка і суспільство. Мукачівський державний університет.* (9), 859-863.

167. Павлик, А. (2017 б). Еколого-економічні наслідки використання відновлюваних джерел енергії. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*, (2 (50)), 96-100.

168. Павлик, А. (2017 в) Re-thinking porter`S Five Forces Model For Energy Market in Ukraine. *STABICONsystems – 2017.* 102-104.

169. Павлик, А. (2018) Відновлювальні джерела енергії: групування країн. *STABICONsystems – 2018.* 89-90.

170. Павлик, А., Люльов, О. & Шкодкіна, Ю. (2018) Relationships Changes In Renewable Energy And Macroeconomic Stability: Comparison Between Developed And Less-Developed Countries. *New Trends and Best Practices in Socioeconomic Research: porceedings of the International Science Conference SER 2018.* 28-29.

171. Павлик, А., Люльов, О., Чигрин, О. & Пімоненко, Т. (2018). Ukrainian energy sector: ecological and economic features. *ЕКОНОМІКА І РЕГІОН Науковий вісник*, (2 (69)), 28-33.

172. Павлик, А., Жулавський А., Шкодкіна Ю., Переход Е. А. & Горобченко Т. В. (2019). Features of the life cycle structuring of renewable energy source facilities. *Міжнародний науковий журнал «Механізм регулювання економіки»*. – №. 2. – С. 116-127.

173. Палишкин, Н. & Мищенко, И. (2013). Экономика строительства малых гидроэлектростанций. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, (184-2), 251-257.

174. Пенсійний фонд України. Відновлено з https://www.pfu.gov.ua/

175. Плетос С. (2014). Основні підходи до формування організаційно-економічного механізму управління екологічно орієнтованими інвестиційними проектами. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*, (10), С. 124-135.

176. Податковий кодекс України (2011). *ВВР*

177. Постанова Кабінету міністрів України (2016). Про затвердження порядку та критеріїв надання закладу вищої освіти статусу національного, підтвердження чи позбавлення цього статусу. №912

178. Потапенко, В., & Потапенко, В. (2014). *Трансформація системи природокористування України на засадах" зеленої" економіки: теорія, методологія, практика* (Дис. д-ра наук) Міжнародний науково-техн. ун-т ім. академіка Ю. Бугая. 136-158.

179. Потапенко, В. & Потапенко, О. (2011). *Органічне сільське господарство як складова системи екологічного менеджменту* (Дис. д-ра наук) Суми. Видавництво СумДУ. 78-81.

180. Прийменко, С. (2015) Еколого-економічні засади управління життєвим циклом енергетичного продукту. (Дис. канд. ек. наук.) Суми. Сумський державний університет. 205.

181. Прокопенко, О. (2008). *Екологізація інноваційної діяльності: мотиваційний підхід*. Університетська книга.

182. Ратнер, С. & Иосифов, В. (2014). Перспективы развития солнечной энергетики в России: стоимостной анализ. *Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление.* (4), 52-62.

183. Рибченко, Л. & Савчук, С. (2015). Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні. Український географічний журнал, (4), 16-23.

184. Рішення Виконавчого комітету Сумської міської ради (2018) №342

185. Рожко, А. (2010). Економічна модель взаємовідносин між Україною та ФРН у сфері відновлювальних та нетрадиційних джерел енергії. *Тернопіль - Тернопільський національний економічний університет*

186. Рожко, А. (2007). Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні. *Энергосбережение*, (2), 25-28.

187. Розпорядження кабінету міністрів України. (2017) Енергетична стратегія України на період до 2035 року. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність. №605-р
188. Рубан В. (2018). Економічне забезпечення розвитку альтернативної енергетики в Україні в контексті глобальної політики низьковуглецевої економіки. *Master's thesis, Київ.* 120 С.
189. Садеков, А. & Цурик, В. (2006). Управление предприятием в условиях кризиса: моногр. *Донецк: ДонГУЭТ*.
190. Самойлов, М., Паневчик, В. & Ковалев, А. (2002). Основы энергосбережения: учеб. пособие. *Минск: БГЭУ*.
191. Самуэльсон П. & Нордхаус В. (2014). *Экономика. Economics*. учебное пособие: пер. с англ/П. Самуэльсон, В. Нордхаус.–16-е изд.
192. Семенов, В., Галасюк, С. & Шикіна, О. (2015). Поняття і зміст організаційно-економічного забезпечення функціонування готельних підприємств малої місткості.
193. Сердюк, Т., & Франишина, С. (2009). Особливості реалізації політики енергозбереження в Україні: досягнення та шляхи вдосконалення. *Вісник Хмельницького національного університету*, (1), 52-56.
194. Ситник Й. (2012). Вплив інтелектуалізації на процес менеджменту інноваційних підприємств. *Національний університет "Львівська політехніка"*. 372-378
195. Сінгуцький, О. (2014). Сучасні проблеми впровадження енергозбереження в Україні. *Держава та регіони. Сер.: Економіка та підприємництво*, (2), 36-40.
196. Сотник, І. (2010). Управління ресурсозбереженням: соціо-еколого-економічні аспекти: монографія. *Суми: вид-во СумДУ*, *499*.
197. Сотник, І., Мельник, Л., Шкарупа, О., ... & Дегтярьова, І. (2016). Формування мотиваційних механізмів дематеріалізаційних та енергоефективних змін національної економіки. *Сумський державний університет*

198. Сохнич, А. & Сохнич, С. (2015). Ринок екологічно чистої продукції аграрних підприємств. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Економіка АПК*, (22 (2)), 3-7.

199. Суходоля, О., Сидоренко А., Бєгун С. & Білуха А. (2014) Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідро електроенергетики України. *Київ – НІСД.*

200. Теліженко, О., Шапочка, М., Шевченко, Т., ... & Вишницька, О. (2013). Отходы-вторичные ресурсы: управление, экономика, организация. *Сумы: Сумский государственный университет.*

201. Фон-Нейман, Д. & Моргенштерн, О. (1970). *Теория игр и экономическое поведение*. Москва: Наука.

202. Хвесик М. (2013). *Сучасні напрями економічного забезпечення раціонального природокористування в Україні*. СО Лизун–К.: ДУ ІЕПСР НАН України.

203. Хлобистов Є. (2004 а). *Екологічна безпека трансформаційної економіки*. К.: Чорнобильінтерінформ

204. Хлобистов Є. (2004 б). Фінансові механізми екологічної політики. *Стратегія розвитку України (економіка, соціологія, право): наук. журн.–Вип*, 3-4. 744 – 752.

205. Хлобистов, Є., Жарова, Л. & Кобзар, О. (2008). Екологічна безпека стратегічного потенціалу динаміки розвитку продуктивних сил регіонів України.

206. Чудовська, В. (2019) Інвестиційна привабливість відновлюваної енергетики в Україні. *Збалансоване природокористування*. (2) 83–92.

207. Чудовська, В. & Савенко, Б. (2015) «Зелений» тариф в системі стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: економічні науки*. 13(2) 103–106

208. Чумаченко, О. & Мартин, А. (2010). *Еколого-економічна оцінка втрат від деградації земельних ресурсів (на прикладі земель сільськогосподарського призначення)*. Видав-во ТОВ «Аграр Медіа Груп.

209. Шабалдин, А. (2014). Государственная политика по стимулированию развития возобновляемой энергетики. *Экономические науки*, (116) 25-28

210. Шапкин, А., & Шапкин, В. (2005). *Теория риска и моделирование рисковых ситуаций: учебник*. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К».

211. Шапуров, О. (2009). Формування ефективних механізмів господарювання в ринкових умовах. *Економіка та держава*, (7) 69-72.

212. Шевченко, В. (2010) Використання енергозберігаючих технологій в країнах ЄС: досвід для України. *Аналітична записка* Відновлено з http://www.niss.gov.ua/articles/262

213. Шидловський, А. (2007). *Енергоефективність та відновлювані джерела енергії*. К.: Українські енциклопедичні знання.

214. Шидловський, А., Випанасенко, С., & Ворохов, Л. (2005). *Тенденції розвитку енергетики України*: Навчальний посібник. Д.: Національний гірничий університет.

215. Якимчук, А. (2014). Інноваційні інструменти збереження біорізноманіття: аспекти управління та економіки. *Ефективність державного управління*, (38) 260-267.

ДОДАТКИ

Додаток А

Цілі країн світу з впровадження ВЕ (Hullin, 2017)

Країна	Сектор/вид енергії	Мета
Албанія	Енергія	38% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Транспорт	10% біопалива в загальному споживанні палива транспортного сектору до 2020 р.
Вірменія	Малі гідро	397 МВт до 2025 р.
	Вітер	100 МВт до 2025 р.
	Сонце	80 МВт до 2025 р.
	Геотермальна	100 МВт до 2025 р.
	Геотермальна (теплова)	25 МВт до 2025 р.
	Сонячна (теплова)	20 МВт до 2025 р.
Азербайджан	Енергія	9,7% загального енергетичного споживання до 2020 р. 1 ГВт потужностей до 2020 р.
	Електроенергія	20% споживання електроенергії від ВДЕ до 2020 р.
	Вітер	350 МВт нової виробничої потужності
	Сонце	50 МВт нової виробничої потужності
	Біоенергія	20 МВт нової виробничої потужності
Білорусь	Енергія	6% від валового споживання енергії до 2020 р., 7% до 2025 р., 8% до 2030 р. 9% до 2035 р
Боснія та Герцеговина	Енергія	40% частки ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні до 2020 р.
Грузія		Відсутні
Казахстан	Енергія	3% ВДЕ у виробництві енергії до 2020 р.
	Гідро	539 МВт на 41 гідроелектростанціях до 2020 р.
	Вітер	1,787 МВт на 34 ВЕС до 2020 р.
	Сонце	713,5 МВт на 28 СЕС до 2020 р.
	Біоенергія	15,05 МВт на 3 біоелектричних станціях до 2020 р.
	Електроенергія	50% частки ВДЕ у виробництві електроенергії до 2050 р.
Киргизстан	Енергія	1,5% частки електроенергії до 2017 р. 100 МВт на основі ВДЕ до 2025 р.
Македонія	Енергія	28% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Електроенергія	9% до 2020 р.
	Нагрівання та охолодження	11% до 2020 р.
	Транспорт	2% до 2020 р.
Молдова	Енергія	20% до 2020 р.
	Електроенергія	10% кінцевого валового споживання електроенергії до 2020 р.
	Нагрівання та охолодження	27% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Транспорт	10% біопалива в споживанні палива до 2020 р.

Продовж додатка А

Чорногорія	Енергія	33% валового кінцевого споживання до 2020 р.
	Електроенергія	51,4% до 2020 р.
	Нагрівання та охолодження	38,2% до 2020 р.
	Транспорт	10,2% до 2020 р.
Російська федерація	Електроенергія	4,5% вироблення електроенергії до 2024 р., за винятком великих гідроелектростанцій, 5,9 ГВт до 2024 р.
	Гідро	0,9 ГВт до 2020 р.
	Вітер	3,5 ГВт до 2024 р.
	Сонце	1,5 ГВт до 2020 р.
Сербія	Енергія	27% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Електроенергія	37% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Нагрівання та охолодження	30% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Транспорт	10% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
Таджикистан	Електроенергія	10% балансу електроенергії
Туркменістан		Відсутні
Україна	Енергія	11% балансу первинної енергії до 2020 р.
	Електроенергія	11% генерації до 2020 р.
	Нагрівання та охолодження	12,4% валового кінцевого споживання енергії до 2020 р.
	Транспорт	10% (включаючи електроенергію у транспорті) до 2020 р.
Узбекистан	Електроенергія	16% загальної генерації до 2030 р.; 19% до 2050 р.

Додаток Б

Енергетичний потенціал біомаси в Україні, 2015 р. (Гелетуха, 2010)

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Частка, доступна для енергетики, %	Економічний потенціал, млн. т у. п.
Солома зернових культур	35,14	30	5,22
Солома ріпаку	3,1	40	0,62
Побічна продукція виробництва кукурудзи на зерно	30,3	40	3,31
Побічна продукція виробництва соняшника	21,2	40	1,74
Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)	6,6	47	0,53
Деревна біомаса (дрова, відходи деревообробки, порубкові залишки)	6,4	97	2,19
Деревна біомаса (сухостій, деревина з лісосмуг, обрізки)	11,0	58	2,57
Біодизель (з ріпаку)	-	-	0,27
Біоетанол (з кукурудзи і цукрового буряку)	-	-	0,77
Біогаз з відходів та побічних продуктів АПК	1,6 млрд. $м^3 CH_4$	50	0,97
Біогаз з полігонів ТПВ	0,6 млрд. $м^3 CH_4$	34	0,26
Біогаз зі стічних вод (промислових та комунальних)	1,0 млрд. $м^3 CH_4$	23	0,27
Енергетичні культури: - Верба, тополя, міскантус - Кукурудза (на біогаз)	млрд. $м^3 CH_4$ 11,5 3,3	 90 90	 6,28 3,68
Торф	-	-	0,40
Всього:	-	-	**29,08**

Додаток В

Вихідні дані розрахунку оптимальної структури енерговиробництва

Регресійна статистика	
Множинний R	0,99997
R-квадрат	0,999939
Нормований R-квадрат	-0,0003
Стандартна помилка	14,07775
Спостереження	6

Дисперсійний аналіз				
	df	*SS*	*MS*	*F*
Регресія	5	3271640	654328,1	3301,634
Залишок	1	198,1831	198,1831	
Підсумок	6	3271838		

	Коеф.	*Стандартна помилка*	*t-статистика*	*P-значення*	*Нижне 95%*	*Верхне 95%*	*Нижне 95,0%*	*Верхне 95,0%*
X 1	1,073826	0,991483	1,083051	0,474632	-11,5242	13,67182	-11,5242	13,67182
X 2	0,097254	0,202627	0,479967	0,715117	-2,47736	2,67187	-2,47736	2,67187
X 3	-0,00992	0,111861	-0,08865	0,94371	-1,43124	1,411408	-1,43124	1,411408
X 4	0,020448	0,019551	1,045874	0,485728	-0,22798	0,268873	-0,22798	0,268873
X 5	0,101795	0,071487	1,423961	0,389767	-0,80654	1,010126	-0,80654	1,010126

U=(форм)	0,2221		
U=	0,1176		
Обмеження			
Вартості продажу	2507,2	*<=*	2816,45
Вартість купівлі	2507,2	*>=*	2507,2
Min 1	0,6286	*>=*	0,54
2	0,2118	*>=*	0
3	0,0133	*>=*	0
4	0,0869	*>=*	0
5	0,0595	*>=*	0
Max 1	0,6286	*<=*	1
2	0,2118	*<=*	1
3	0,0133	*<=*	0,3596
4	0,0869	*<=*	1
5	0,0595	*<=*	0,5419
	1	*=*	1

Продовж. додатку В

	Формули	1,1026	0,2736	0,0829	0,0178	0,0787	Без обмежент сума=1
		x1	x2	x3	x4	x5	
	x	0,6286	0,2118	0,0133	0,0869	0,0595	Обмеження сума=1
	p	1091,64	3892,95	1107,01	8675,72	3834,66	
Min	a	0,54	0	0	0	0	
Max	x Max	1	1	0,3596	1	0,5419	
	Алфа	0,2758	0,4782	0,0412	0,0693	0,1355	
		0,6286	0,2118	0,0133	0,0869	0,0595	
	2507,20	686,1821	824,3832	14,67036	753,6704	228,294	
	2908,35						
a1	54	0,54					
1	100	1					
2	100	1					
3	35,96	0,3596					
4	100	1					
5	54,19	0,5419					

Додаток Г

Таблиці консервативного та революційного сценарію видобутку енергоресрсів, тис. т н.е. (Дячук, 2017)

Консервативний сценарій									
	2012*	2015*	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Вугілля	40256	17423	42081	51260	58294	62706	66335	70060	70496
Газ	15403	14814	16247	16736	17219	18552	19196	19887	20626
Нафта	3414	2618	3232	3879	3807	4454	4354	3395	1469
Уранова руда**	7884	7662	10931	15544	13989	14429	12537	12554	12554
Гідроелектроенергія	901	464	907	1030	1117	1123	1130	1133	1140
Вітрова енергія	25	94	258	370	378	387	396	396	430
Сонячна енергія	28	40	24	48	72	82	42	42	42
Біопаливо та відходи	1565	2606	2658	2421	2377	2668	2985	3555	4135
Всього	69477	45721	76338	91287	97252	104400	106974	111022	110891
Частка в структурі	56,7%	51,1%	65,7%	70,5%	69,9%	69,6%	68,0%	67,8%	65,9%
Революційний сценарій									
	2012*	2015*	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Вугілля	40256	17423	27755	25543	24549	23629	18313	15514	2951
Газ	15403	14814	16247	16736	17219	18552	19196	15564	12261
Нафта	3414	2618	3232	3442	963	1087	890	615	375
Уранова руда**	7884	7662	10931	13738	8551	5339	21	0	0
Гідроелектроенергія	901	464	905	989	1071	1071	1110	1111	1114
Вітрова енергія	25	94	772	3877	6836	8124	10058	11282	13996
Сонячна енергія	28	40	252	1099	1946	3268	4881	7332	11342
Біопаливо та відходи	1565	2606	6247	8241	10650	13206	16321	18032	24734
Всього	69477	45721	66341	73664	71784	74274	70790	69450	66774
Частка в структурі	56,7%	51,1%	63,5%	75,0%	80,3%	83,6%	83,1%	83,6%	91,7%

Вихідні дані розрахунку $Ef_{(U_j)}$ за видами ВДЕ

Параметр	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
$Ef_{(U_{\text{сес}})}$							
Капітальні витарти (мінімум), грн/кВт	56	48	39	34	28	22400	19600
Капітальні витрати (максимум), грн/кВт	70000	61600	50400	44800	36400	30800	29400
Коефіцієнт використання встановленої потужності (мінімум), %	10,5	11	11,8	12	10	12,5	12,7
Коефіцієнт використання встановленої потужності (максимум), %	16,5	17	16,5	14,5	17	17,5	17
Вартість позикового капіталу (наземні), %	10	9	8,5	8	7,5	7	7,5
Вартість позикового капіталу (дахові), %	10,5	9,5	9	8,5	8	7,5	7
Вартість власного капіталу, %	20	20	20	20	20	20	20
Частка боргового капіталу, %	70	70	70	70	70	70	70
Деградація панелей, % у рік	1	0,9	0,85	0,85	0,75	0,7	0,65

Продовж. додатку Г

Параметр	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
$Ef_{(U_{\text{вес}})}$							
Капітальні витрити (мінімум), грн/кВт	49000	47600	49000	49000	44800	42000	39200
Капітальн витрати (максимум), грн/кВт	50400	49000	50400	50400	46200	44800	42000
Коефіцієнт використання встановленої потужності (мінімум), %	36	36,2	36	36	28,9	30	31
Коефіцієнт використання встановленої потужності (максимум), %	41,8	41,8	41,8	41,8	45	41	42
Вартість позикового капіталу (дахові), %	10	9	10	10	8	8	7,5
Вартість власного капіталу, %	20	20	20	20	20	20	20
Частка боргового капіталу, %	70	70	70	70	70	70	70
Зменшення ефективності генерації, % у рік	0,2	0,2	0,2	0,2	0,15	0,1	0,1
$Ef_{(U_{\text{мгес}})}$							
Капітальні витрати (мінімум), грн/кВт	71260	68712	70000	80920	75600	67452	66192
Капітальні витрати (максимум), грн/кВт	94080	98000	97720	98028	139972	93240	89600
Коефіцієнт використання встановленої потужності (мінімум), %	14,5	19	20	27	18	17,5	19,3
Коефіцієнт використання встановленої потужності (максимум), %	45	67	75	43	65	64	57
Вартість позикового капіталу (дахові), %	10	9	10	9	10	8	8
Вартість власного капіталу, %	20	20	20	20	20	20	20
Частка боргового капіталу, %	70	70	70	70	70	70	70

Додаток Д

Список публікацій здобувача

в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Підрозділи монографій

1. Павлик А. В. Відновлювальні джерела енергії як складова економічної безпеки. *Управління інноваційною складовою економічної безпеки : у 4 т.* / за ред. О. В. Прокопенко, В. Ю. Школи, В. О. Щербаченко. Суми. ТОВ «Триторія», 2017. Т. IV. С. 256–267 (24,96 друк. арк.). (*Особистий внесок: досліджений вплив відновлювальних джерел енергії на економічну безпеку країни (0,34 друк. арк).*

2. Павлик А. В. Еколого-економічна складова в оцінці енергетичного сектору України. *Сталий розвиток – XXI століття: управління, технології, моделі. Дискусії – 2018*. за ред. Є. В. Хлобистов та ін. Київ. Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського. 2018. С. 276–279 (27,83 друк. арк.). (*Особистий внесок: запропоноване економічне оцінювання екологічних наслідків використання ВДЕ (0,11 друк. арк).*

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Павлик А. В. Стан розвитку альтернативних джерел енергії та актуальність їх використання в Україні. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»* (Google Scholar та ін.). 2014. № 4. С. 14–20 (0,45 друк. арк.).

4. Павлик А. В., Глівенко С. В. Збільшення енергобезпеки країни за рахунок відновлювальних джерел енергії: напрямки реалізації. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»* (Google Scholar та ін.). 2016. № 4. С. 7–13 (0,36 друк. арк.). *(Особистий внесок: досліджений взаємозв'язок ВДЕ та енергобезпеки країни (0,25 друк. арк.).*

5. Павлик А. В. Енергозбереження як елемент енергонезалежної стратегії. *Економічний вісник Національного гірничого університету* (Index Copernicus та ін.). 2016. Т. 56, № 4. С. 88–96 (0,63 друк. арк.).

6. Павлик А. В. Оцінка енергоефективності як основа побудови енергонезалежної стратегії. *Економіка і суспільство* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 9. С. 859–863 (0,5 друк. арк.).

7. Павлик А. В., Тарабан Н. В. Міжнародний досвід впровадження відновлювальних джерел енергії та її потенціал для вітчизняного енергетичного ринку. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія «Економіка і менеджмент»* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 26, ч. 2 С. 45–49 (0,54 друк. арк.). *(Особистий внесок: проаналізований міжнародний досвід упровадження ВДЕ й запропонована сегментація України за рівнем потенціалу ВДЕ (0,43 друк. арк.).*

8. Павлик А. В. Еколого-економічні наслідки використання відновлювальних джерел енергії. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»* (Index Copernicus та ін.). 2017. № 2 (50). С. 96–100 (0,53 друк. арк.).

9. Pavlyk A., Pimonenko T., Liulov O., Chyhryn O. Ukrainian Energy Sector: Ecological and Economic Features. *Економіка і регіон* (Ulrichsweb та ін.). 2018. № 2 (69). С. 28–33 (0,46 друк. арк.). *(Особистий внесок: досліджені економічний вплив енергетичного сектору економіки України та його екологічні наслідки (0,37 друк. арк.).*

10. Pavlyk A., Zhulavskyi A., Shkodina Y., Perekhod E., Gorobchenko T. Features of the life cycle structuring of renewable energy source facilities. *Механізм регулювання економіки* (Index Copernicus та ін.). 2019. № 2. С. 116–127 (0,5 друк. арк.). *(Особистий внесок: запропонований підхід до еколого-економічного оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії із застосуванням життєвого циклу енергетичного продукту за стадіями та фазами(0,15 друк. арк.).*

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав

11. Pavlyk A., Bilan Y., Streimikiene D., Vasylieva T., Lyulyov O., Pimonenko T. Linking between Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth: Challenges for Candidates and Potential Candidates for the EU Membership. *Sustainability* (Scopus, Web of Scince та ін.). 2019. Vol. 11; № 6. P. 15–28 (1,06 друк. арк.). *(Особистий внесок: проведений аналіз наукових досліджень, пов'язаних із темою статті, запропонований спосіб оцінювання взаємозв'язків між відновлювальними джерелами енергії та обсягами викидів CO_2 (0,2 друк. арк.).*

Матеріали наукових конференцій

12. Павлик А. В. Використання «зеленого тарифу» як інструменту стимулювання інвестиційної привабливості галузі. *Економічні проблеми сталого розвитку :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ, 2015. С. 90–91 (0,12 друк. арк.).

13. Павлик А. В. Тендеції та проблематика розвитку альтернативних джерел енергії в XXI столітті. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль : ТНЕУ, 2016. С. 193–194 (0,09 друк. арк.).

14. Павлик А. В. Використання альтернативних джерел енергії у виробничому секторі. *Економічні проблеми сталого розвитку :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ, 2016. С. 116–118 (0,11 друк. арк.).

15. Pavlyk A. Re-thinking porter`S Five Forces Model For Energy Market in Ukraine. *STABICONsystems – 2017 :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Суми : СумДУ,, 29 квітня 2017 р., м. Суми, СумДУ. Суми, 2017. С. 102–104 (0,1 друк. арк.).

16. Pavlyk A., Kovalov B., Fedyna S. Biosocial Economy As A Mechanism For The Sustainable Development Implementation. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль : ТНЕУ, 2017 р. С. 140–142 (0,29 друк. арк.). (*Особистий внесок: проаналізовані актуальні публікації закордонних і вітчизняних авторів, досліджений взаємозв'язок механізмів сталого розвитку з відновлювальними джерелами енергії (0,1 друк. арк.)*.

17. Павлик А. В., Федина С. М. Еколого-економічні фактори впровадження відновлювальних джерел енергії в регіонах. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна ідентичність та тенденції глобалізації :* зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль : ТНЕУ, 2018 р. С. 49–51 (0,11 друк. арк.). (*Особистий внесок: досліджені основні фактори, що впливають на обсяги впровадження відновлювальних джерел енергії (0,07 друк. арк.)*.

18. Павлик А. В. Відновлювальні джерела енергії: групування країн. *STABICONsystems – 2018* : матеріали Міжнар. наук. Фо-руму. Суми: СумДУ, 2018. С. 89–90 (0,07 друк. арк.).

19. Павлик А. В., Люльов О. В. Відновлювальні джерела енергії. Міжнародний досвід еколого-орієнтовних досліджень. *Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ :* зб. матеріалів Всеукр. наук.-практ. конф. Херсон, 2018. С. 233–236 (0,15 друк. арк.). (*Особистий внесок: проаналізовані й систематизовані наукові публікації наслідків використання відновлювальних джерел енергії (0,11 друк. арк.)*.

20. Pavlyk A., Lyulyov O., Shkodkina Y. Relationships Changes in Renewable Energy and Macroeconomic Stability: Comparison between Developed and Less-Developed Countries. *New Trends and Best Practices in Socioeconomic*, The International Science Conference. Podgorica, Montenegro, 2018. P. 28–29. (*Особистий внесок: проведений аналіз і систематизація наукових публікацій зарубіжних дослідників, зібрані й оброблені статистичні дані*).

Додаток Е

Довідки актів про впровадження

ГМС ГРУППА
НАСОСЕНЕРГОМАШ

Акціонерне товариство
"Сумський завод насосного та енергетичного
машинобудування "Насосенергомаш"
Привокзальна пл., 1, м.Суми, Україна, 40011
тел.: +38 (0542) 70-00-44
факс: +38 (0542) 70-00-45
e-mail: info@nempump.com
www.nempump.com

21.06.2019 № 43/2 – 049
на № _____ від _____

Довідка
про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Павлика Анатолія Володимировича

на тему: «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.06 – «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища»

Результати дисертаційного дослідження Павлика А. В. визнані спеціалістами підприємства актуальними та практично значущими для впровадження в операційну діяльність АТ "Сумський завод "Насосенергомаш" в умовах наявної популярності відновлювальних джерел енергії та можливості їх використання в діяльності підприємства.

Так, зокрема, були використані положення щодо оцінювання наявних та можливості впровадження відновлювальних джерел енергії для забезпечення електричною енергією промислове підприємство. Це дає можливість оцінити наявну ситуацію енергетичних джерел підприємства та оцінити економічний та екологічний ефекти від впровадження технологій відновлювальної енергетики. Наявність таких розрахунків дає змогу приймати більш ефективні та зважені управлінські рішення в короткостроковому та довгостроковому плануванні перспектив розвитку підприємства.

Також відзначаємо ефективність та практичну цінність проведених досліджень для АТ "Сумський завод "Насосенергомаш" у виборі оптимальної стратегії енергетичного розвитку підприємства.

Довідку складено без фінансових зобов'язань перед автором дослідження.

Заступник Директора
Інженерно-маркетингового центру С.Л. Куно

Акціонерне товариство "Сумський завод насосного та енергетичного машинобудування "НАСОСЕНЕРГОМАШ" Ідент. код 05785448 Україна м.Суми
ДЛЯ ДОВІДОК №1

NTK
Науково-виробниче підприємство
НАСОСТЕХКОМПЛЕКТ
вул. 2-га Заводська, 1, м. Суми, 40022, Україна
тел. +38 (0542) 78-20-68, 78-20-70
www.ntk.net.ua, ntk@ntk.net.ua

Вих. № 06/48 від «21» 06. 2019 р.

Довідка
про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Павлика Анатолія Володимировича
на тему: «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.06 – «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища»

Ознайомившись з результатами дисертаційного дослідження Павлика А. В., представники ТОВ НВП "Насостехкомплект" дійшли висновку, що вони містять певні методи, які допомагають вирішити ряд нагальних завдань підприємства. Особливо актуальними дані положення постають з урахуванням постійного зростання вартості електричної енергії для підприємств.

Так, при стратегічному плануванні розвитку підприємства була використана розроблена автором методика оцінки та порівняння ефективності використання різних джерел енергії, зокрема за допомогою методики стає можливим порівняти способи задоволення потреб в електроенергії шляхом централізованого енергопостачання та за допомогою технологій відновлювальних джерел енергії. Подібний підхід дозволив розробити ефективну стратегію енергетичного розвитку підприємства.

Особливо цінними визначені запропоновані автором концептуальні засади оптимального, поступового заміщення одного джерела електричної енергії іншим, досягаючи постійного мінімального значення економічних та екологічних збитків

На підставі отриманих результатів можна стверджувати, що дані розробки можуть бути використана і на інших промислових підприємствах.

Довідку складено без фінансових зобов'язань перед автором дослідження.

Заступник директора О.В. Поклад

ЗАТВЕРДЖУЮ

Перший проректор

_____ Карпуша В. Д.

АКТ

про впровадження результатів дисертаційного дослідження **Павлика Анатолія Володимировича** «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» у навчальний процес навчально-наукового інституту фінансів, економіки та менеджменту імені Олега Балацького Сумського державного університету

«21» червня 2019 р. **м. Суми**

Акт складено комісією у складі:

голова: директор навчально-наукового інституту фінансів, економіки та менеджменту імені Олега Балацького, доктор економічних наук, професор Васильєва Т.А.

члени комісії: - завідувач кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, доктор економічних наук, професор Мельник Л.Г.

- заступник начальника навчально-методичного відділу, кандидат економічних наук, доцент Криклій О.А.

В період з 14 по 18 січня 2019 р. комісія виконала роботу по визначенню фактичного впровадження результатів дисертаційного дослідження Павлика Анатолія Володимировича «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» в навчальний процес

навчально-наукового інституту фінансів, економіки та менеджменту імені Олега Балацького Сумського державного університету.

Комісія розглянула наступні матеріали:

1. Дисертаційну роботу Павлика Анатолія Володимировича «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії».
2. Робочі програми навчальної дисципліни:

   "Економіка ресурсозбереження" (викладається на денному та заочному відділеннях за програмами підготовки магістрів за спеціальністю 051 Економіка освітня програма «Економіка і бізнес інновації»);

3. Наявні навчально-методичні та наукові матеріали для вивчення зазначених дисциплін.

За результатами проведеної роботи комісією встановлено:

1. Розроблені в дисертаційній роботі Павлика Анатолія Володимировича «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» науково-методичні положення, а також практичні методики впроваджені як розділи наступної навчальної дисципліни:

   1.1 «Економіка ресурсозбереження». Розділи: "Відновлювальні джерела енергії та ресурси майбутніх поколінь", "Енергетичні ресурси та їх екологічний відбиток";

   При цьому використовувалися матеріали таких наукових публікацій:

   - Павлик А. В. Еколого-економічні наслідки використання відновлювальних джерел енергії / А.В. Павлик // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка». – 2017. – №. 2 (50). – С. 96-100.
   - Павлик А.В. Міжнародний досвід впровадження відновлювальних джерел енергії та її потенціал для вітчизняного енергетичного ринку / А.В. Павлик, Н.В. Тарабан// Науковий вісник Міжнародного

гуманітарного університету. Серія «Економіка і менеджмент». № 26, Част. 2 – 2017. – С. 45-49

2. Методичні підходи, розроблені у дисертаційній роботі Павлика Анатолія Володимировича, покладено в основу практичних занять з дисципліни «Економіка ресурсозбереження».

3. Застосування в навчальному процесі навчально-наукового інституту фінансів, економіки та менеджменту імені Олега Балацького Сумського державного університету матеріалів дисертаційного дослідження Павлика Анатолія Володимировича «Еколого-економічне оцінювання ефективності використання відновлювальних джерел енергії» дало змогу адаптувати вказану дисципліну до умов сучасної економіки України та підходів до оцінювання ефективності використання відновлювальних та невідновлювальних джерел енергії, поглибити їх теоретичні і науково-методичні основи та підвищити якість підготовки фахівців з економічних спеціальностей.

Голова комісії: Т.А. Васильєва

Члени комісії: Л.Г. Мельник

О.А. Криклій