



Відновлювана енергетика як фактор підвищення енергоефективності національної економіки

Паласевич Микола Богданович

к.е.н., доцент, доцент кафедри математики та економіки, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4474-543X>

Мурдза Петро Андрійович

аспірант, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9675-6928>

Прийнято: 17. 07. 24 | Опубліковано: 29. 07. 24

***Анотація.** У статті розглядається роль відновлюваної енергетики у підвищенні енергоефективності національної економіки, особливо в умовах військової агресії. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергетика, виступають стійким рішенням для забезпечення енергопостачання в умовах обмеженого доступу до традиційних енергоресурсів. Аналізуються останні наукові дослідження та показано, що використання відновлюваної енергетики сприяє економічному зростанню, зниженню залежності від імпорту енергоресурсів, створенню робочих місць та підвищенню стійкості енергосистеми. Відзначається, що війна в Україні значно вплинула на розвиток відновлюваної енергетики, завдавши значних збитків і призупинивши багато проектів. Особлива увага приділяється потенціалу відновлюваної енергетики у післявоєнній відбудові України та її*



ролі у забезпеченні енергетичної безпеки та незалежності. У статті також представлені рекомендації щодо подальшого розвитку відновлюваної енергетики як ключового елементу стратегії сталого розвитку країни. Відновлювані джерела енергії сприяють розвитку нових технологій, таких як смарт-мережі, енергозберігаючі системи та розподілені енергетичні системи. Показано, що такі інновації дозволяють більш ефективно використовувати наявну енергію, знижуючи втрати та підвищуючи загальну енергоефективність економіки. Відзначено, що найбільша частка державних інвестицій у світі спрямована на сонячну енергетику та відновлювані джерела енергії, що включають різноманітні види відновлювальної енергії, які не входять до основних категорій, таких як сонячна, вітрова, гідро- та геотермальна енергія. Авторами показано, що для досягнення цілей сталого розвитку та забезпечення енергетичної безпеки необхідно збільшити інвестиції в менш розвинені технології, такі як офшорна вітрова енергетика, геотермальна енергетика та інфраструктура для зберігання енергії. Також важливо забезпечити більш рівномірний розподіл фінансування між розвиненими країнами та країнами, що розвиваються, щоб подолати існуючі соціально-економічні розриви та сприяти глобальному енергетичному переходу.

Ключові слова: відновлювана енергетика, енергоефективність, енергетична безпека, економічне зростання, інвестиції, вуглецевий слід, енергетичний перехід.

. Renewable energy as a factor in increasing the energy efficiency of the national economy

Mykola Palasevych

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics and Economics, Ivan Franko State Pedagogical University of Drohobych, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4474-543X>

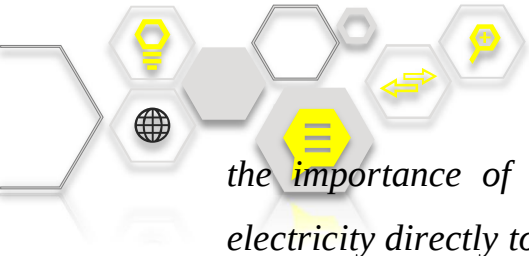


Petro Murdza

PhD student, Ivan Franko State Pedagogical University of Drohobych,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9675-6928>

Abstract. *The article explores the critical role of renewable energy in enhancing the energy efficiency of a national economy, particularly during periods of armed conflict. Renewable energy sources, such as solar and wind power, offer a decentralized and resilient solution to ensure energy supply amidst restricted access to traditional energy resources. The study reviews recent scientific research, highlighting how renewable energy contributes to economic growth, reduces reliance on imported energy resources, creates jobs, and increases the resilience of energy systems. The emphasis is placed on the potential of renewable energy in the post-war reconstruction of Ukraine and its role in securing energy independence and security. The analysis includes a comparison of various types of renewable energy based on parameters such as operational costs, environmental impact, and implementation challenges. The findings indicate that renewable energy technologies, such as photovoltaic panels and wind turbines, not only lower the carbon footprint but also reduce energy consumption in production processes. The article underscores the importance of expanding investments in renewable energy to meet global climate goals, particularly in underdeveloped technologies like offshore wind and geothermal energy. Furthermore, the study discusses the need for a more equitable distribution of funding between developed and developing countries to bridge socio-economic gaps and support a global energy transition. It also highlights the significance of local energy production in decreasing transmission losses and improving the overall energy efficiency of the economy. The paper provides recommendations for increasing investments in less mature renewable technologies and integrating these technologies into the national energy grid. The role of "green" bonds as a favorable method for promoting green energy projects and reducing CO₂ emissions is also examined. Lastly, the article discusses*



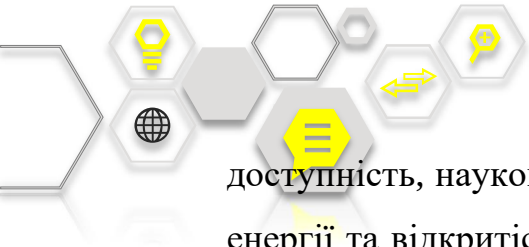
the importance of legislation that allows renewable energy producers to sell electricity directly to the market, fostering further development in this sector.

Keywords: *renewable energy, energy efficiency, energy security, economic growth, investments, carbon footprint, energy transition.*

Постановка проблеми. Проблема розвитку відновлюваної енергетики під час військової агресії росії для України є особливо актуальною. Під час військових дій традиційні енергетичні ресурси стають вразливими для атак та блокад. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячні та вітрові електростанції, можуть розташовуватися децентралізовано, що знижує ризик втрати енергопостачання.

Військові дії можуть обмежити доступ до імпорتنих енергоресурсів, тому розвиток власних відновлюваних джерел енергії дозволяє зменшити залежність від зовнішніх постачальників. Відновлювана енергетика сприяє створенню нових робочих місць та підтримує економіку в складний час, забезпечуючи сталі доходи місцевим громадам. В умовах економічних труднощів, зумовлених війною, інвестиції у відновлювані джерела енергії можуть допомогти знизити довгострокові витрати на енергопостачання. Досвід розвинутих країн показує, що відновлювані джерела енергії сприяють підвищенню стійкості енергосистеми, дозволяючи їй краще адаптуватися до непередбачуваних стресових сценаріїв. Забезпечення енергопостачанням медичних установ, військових об'єктів та інших критичних інфраструктурних об'єктів є життєво необхідним, і ВДЕ можуть забезпечити безперервне живлення. Крім цього, відновлювана енергетика має бути ключовим елементом планів післявоєнної відбудови, сприяючи створенню сучасної, стійкої та незалежної енергетичної системи України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам аналізу відновлюваної енергетики як фактору підвищення енергоефективності національної економіки присвячено чимало наукових досліджень. Так, у дослідженні [3] було показано, що промислове виробництво, фінансова



доступність, наукові дослідження та розробки в галузі відновлюваних джерел енергії та відкритість торгівлі є важливими факторами енергоефективності у США. За винятком промислового виробництва, решта змінних позитивно пов'язані з енергоефективністю. Напрямок причинно-наслідкового зв'язку було підтверджено від енергоефективності до фінансової доступності, промислового виробництва, державного бюджету на НДДКР у сфері відновлюваних джерел енергії та відкритості торгівлі.

У роботі [4] побудовано модель граничної панельної регресії з використанням даних 120 країн за останні 20 років. У запропонованій моделі відновлювані та невідновлювані джерела енергії є пояснювальними змінними, економічне зростання і екологічний слід є змінними, що пояснюються, а урбанізація є пороговою змінною. Результати показали, що відновлювана енергія може сприяти економічному зростанню, водночас покращуючи довкілля. У міру зростання темпів урбанізації негативний вплив відновлюваної енергетики на екологічний слід спочатку слабшає, а потім збільшується. Дослідження [4] також показує важливість відновлюваних джерел енергії та непрямі наслідки урбанізації, що є корисним для формулювання глобальної політики сталого та скоординованого розвитку.

Результати, отримані у роботі [5] показують, що «зелені» облігації є сприятливим методом просування проектів «зеленої» енергетики та значного скорочення викидів CO₂. Водночас причинно-наслідкового зв'язку між цими змінними у короткостроковій перспективі немає.

У статті [7] проаналізовано загалом 46 статей за період з 2010 до 2021 року і було отримано висновок, що відновлювані джерела енергії не перешкоджають економічному зростанню як країн, що розвиваються, так і розвинених, тоді як споживання відновлюваної енергії не має великого значення, коли мова йде про економічне зростання розвинених країн.

Результати регресії з фіксованими ефектами, отриманої у роботі [8] виявили статистично значущий і позитивний зв'язок між часткою споживання відновлюваної енергії в загальному кінцевому споживанні енергії, ВВП на



душу населення та викидами CO₂ на душу населення. Результати дослідження [9] енергетичного ринку Китаю, як країни з найбільшим енергоспоживанням у світі, показали U-подібний нелінійний вплив екологічного регулювання, пов'язаного з енергоефективністю на економічне зростання. Порівняння особливостей впливу відновлювальної енергетики на економічне зростання у розвинених країнах та країнах, що розвиваються було зроблено у роботі [10]. Різні аспекти впливу відновлюваної енергетики на енергоефективність було висвітлено також у роботах [11]-[13].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на наявність значної кількості публікацій, присвячених аналізу ролі відновлюваної енергетики у підвищенні енергоефективності, недостатньо висвітленими залишаються проблеми порівняння різних видів відновлювальної енергетики та визначення їх впливу на економічне зростання національних економік. Особливої уваги потребує також дослідження стану відновлюваної енергетики України в умовах військової агресії росії.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даного дослідження є дослідження відновлюваної енергетики як фактору підвищення енергоефективності національної економіки.

Досягнення мети даного дослідження передбачає вирішення наступних завдань:

- 1) Порівняти різні види відновлювальної енергетики;
- 2) Проаналізувати міжнародні державні інвестиції у відновлювану енергетику;
- 3) Проаналізувати вплив військової агресії росії на стан відновлюваної енергетики України;
- 4) Дослідити роль відновлювальних джерел енергії в економічному розвитку України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні виклики, пов'язані зі зміною клімату, вичерпанням викопних енергоресурсів та необхідністю забезпечення енергетичної безпеки, вимагають переходу до більш

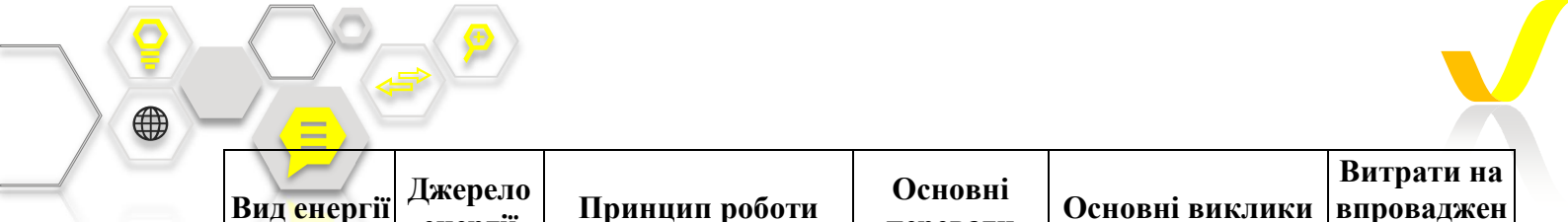


енергоефективних і екологічно чистих технологій. Відновлювана енергетика відіграє ключову роль у цьому процесі, сприяючи підвищенню енергоефективності національної економіки. У таблиці 1 порівнюються найпоширеніші види відновлювальної енергетики за різними параметрами.

Таблиця 1

Порівняння різних видів відновлювальної енергетики

Вид енергії	Джерело енергії	Принцип роботи	Основні переваги	Основні виклики	Витрати на впровадження
Сонячна енергетика	Сонячне світло	Фотовольтаїчні панелі перетворюють сонячне світло на електрику; сонячні колектори нагрівають рідини для теплоенергії.	Невичерпне джерело Низькі експлуатаційні витрати Зниження рахунків за електрику	Залежність від погодних умов Високі початкові витрати Необхідність великої площі	Високі: від 500 до 3000 USD за кВт потужності
Вітрова енергетика	Енергія вітру	Вітрові турбіни перетворюють кінетичну енергію вітру на електрику за допомогою обертових лопатей.	Невичерпне джерело Низькі експлуатаційні витрати	Залежність від вітрових умов Візуальні та шумові проблеми Вплив на птахів	Високі: від 1000 до 3000 USD за кВт потужності
Гідроенергетика	Падаюча або проточна вода	Гідроелектростанції використовують потік води для обертання турбін, що генерують електрику.	Невичерпне джерело Стабільне виробництво енергії	Високі початкові витрати Вплив на екосистеми Можливі зміщення населення	Високі: від 2000 до 5000 USD за кВт потужності
Біоенергетика	Органічні матеріали	Біомаса (деревина, сільськогосподарські відходи) спалюється або переробляється для виробництва енергії.	Використання відходів Стабільне постачання Зниження відходів	Викиди при спалюванні Необхідність великої кількості біомаси Можливе зменшення родючості ґрунту	Помірні: від 500 до 2000 USD за кВт потужності
Геотермальна енергетика	Тепло з надр Землі	Геотермальні станції використовують тепло з глибин Землі для виробництва електрики або опалення.	Невичерпне джерело Стабільність постачання Низькі експлуатаційні витрати	Високі початкові витрати Обмежена географічна доступність Ризики сейсмічної активності	Високі: від 2500 до 6000 USD за кВт потужності



Вид енергії	Джерело енергії	Принцип роботи	Основні переваги	Основні виклики	Витрати на впровадження
Океанічна енергетика	Хвилі, припливи, відпливи	Використовує енергію морських хвиль, припливів або відпливів для генерації електрики.	Невичерпне джерело Високий потенціал Низькі викиди	Високі початкові витрати Технологічна складність Вплив на морське середовище	Дуже високі: від 5000 до 10000 USD за кВт потужності

У 2022 році глобальні інвестиції в технології енергетичного переходу, включаючи відновлювані джерела енергії та енергоефективність, досягли рекордного рівня у 1,3 трильйона доларів США. Цей показник зріс на 19% порівняно з 2021 роком і на 70% порівняно з 2019 роком, що свідчить про значне збільшення інтересу та фінансування у цій сфері. Однак, інвестиції у відновлювану енергетику все ще залишаються недостатніми для досягнення кліматичних цілей [14]. У 2022 році інвестиції у відновлювану енергетику склали 0,5 трильйона доларів США, що становить менше третини від необхідних щорічних інвестицій, згідно з сценарієм досягнення цілей 1.5°C від Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA). Інвестиції концентруються в основному в розвинених країнах та Китаї, де з 2021 року спостерігається значне збільшення фінансування. Наприклад, сонячна енергетика привертає найбільшу частку інвестицій - понад 43% від загального обсягу інвестицій у відновлювану енергетику в 2021 році, тоді як вітрова енергетика отримала близько 35% [2].

Для досягнення цілей сталого розвитку та забезпечення енергетичної безпеки необхідно збільшити інвестиції в менш розвинені технології, такі як офшорна вітрова енергетика, геотермальна енергетика та інфраструктура для зберігання енергії. Крім того, важливо забезпечити більш рівномірний розподіл фінансування між розвиненими та країнами, що розвиваються, для подолання існуючих соціально-економічних розривів і сприяння глобальному енергетичному переходу. Структура державних інвестицій у відновлювану енергетику у світі за видами енергії подана на рис. 1.

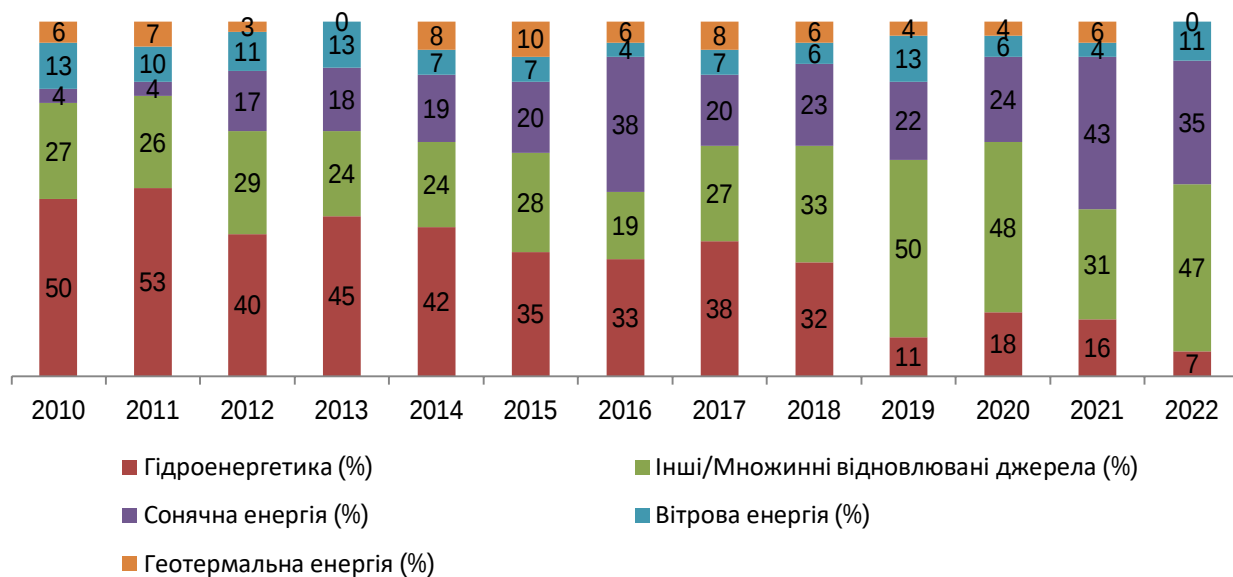
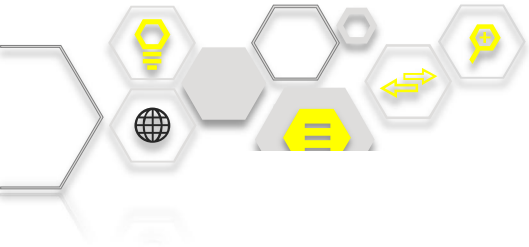


Рис. 1. Частка міжнародних державних інвестицій у відновлювану енергетику за видами енергії, 2010–2022 рр. [1]

Найбільша частка державних інвестицій у світі припадає на сонячну енергетику та множинні відновлювальні джерела енергії, які представляють собою категорію, яка охоплює різні види відновлювальної енергії, що не відносяться до основних категорій, таких як сонячна, вітрова, гідро- та геотермальна енергія. До цієї категорії належить:

Біоенергетика:

- Виробництво енергії з біомаси, яка може включати деревину, сільськогосподарські відходи, відходи тваринництва та інші органічні матеріали.
- Біогаз, отриманий з органічних відходів через анаеробне бродіння.
- Біопаливо, таке як біодизель та біоетанол, вироблене з рослинних культур або відходів.

Тидальна енергетика (припливно-відпливна енергетика):

- Використання енергії морських припливів та відпливів для виробництва електроенергії.

- Припливні електростанції, які використовують рух води під час припливів і відпливів для обертання турбін.

Хвильова енергетика:

- Використання енергії морських хвиль для виробництва електрики.
- Хвильові електростанції, які перетворюють кінетичну енергію хвиль у електричну.

Океанічна термальна енергетика:

- Використання різниці температур між теплою поверхневою водою океану і холодною глибинною водою для виробництва електрики.
- Океанічні термальні електростанції (ОТЕС).

Використання міської біомаси та відходів:

- Виробництво енергії з муніципальних твердих відходів шляхом спалювання або біологічної переробки.
- Енергетичне використання відходів сільського господарства та харчової промисловості.

Динаміку обсягу відновлювальна енергетика на душу населення у світі подано на рисунку 2.

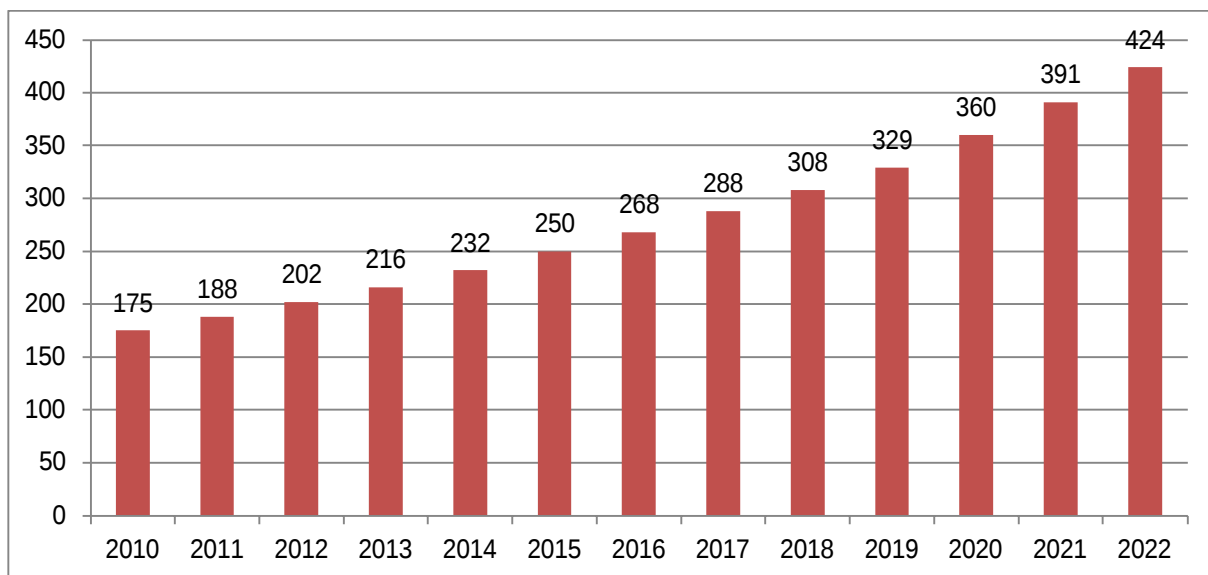
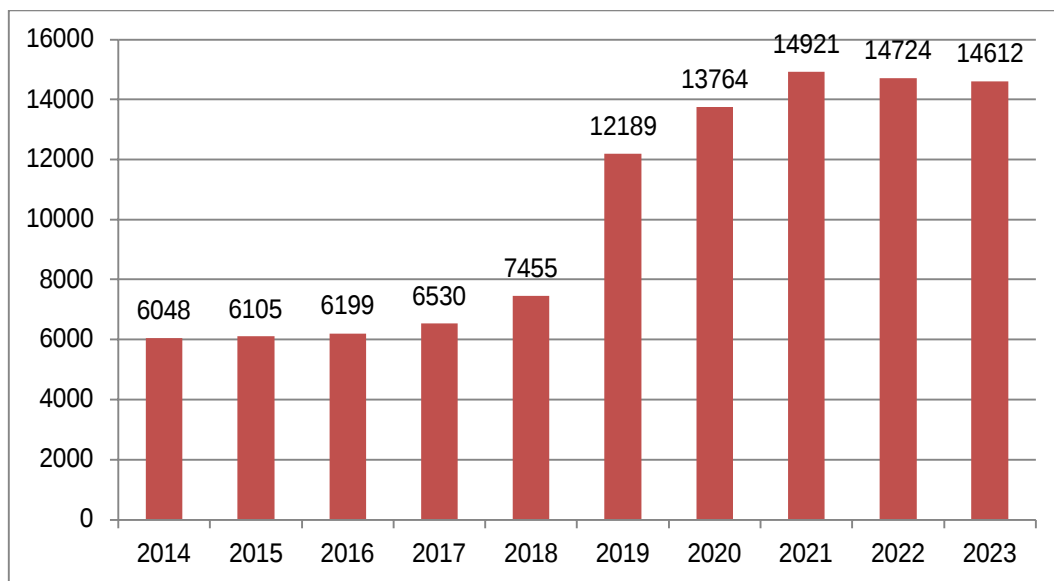


Рис. 2. Динаміка обсягу відновлювальна енергетика на душу населення (Ват на душу населення)

Джерело: складено авторами на основі джерела [2]

Сумарне виробництво відновлюваної енергетики України подано на рисунку 3.



*Рис. 3. Сукупна генерація відновлювальної енергетики України (MW)
Джерело: складено авторами на основі джерела [2]*

Слід відзначити, що війна в Україні суттєво вплинула на стан відновлюваної енергетики країни, завдавши серйозних збитків та зупинивши багато проектів. З початком повномасштабного вторгнення Росії, виробничі потужності вітрової енергетики зменшилися на 75%, а сонячної — на 20%. Окрім фізичного знищення об'єктів відновлюваної енергетики, війна призвела до окупації значної частини діючих потужностей. Наприклад, близько 25% від загальної енергетичної потужності країни, включаючи 6 ГВт ядерної та 2 ГВт відновлюваної енергії, зараз перебувають під окупацією. Незважаючи на це, Україна продовжує працювати над відновленням та розвитком своєї енергетичної інфраструктури. У 2023 році були введені в експлуатацію кілька нових об'єктів відновлюваної енергетики, зокрема вітрові електростанції загальною потужністю 182 МВт та сонячні електростанції потужністю 500 МВт, що допомогло регіонам уникнути регулярних відключень електроенергії [15].

Для підвищення стійкості енергосистеми та зменшення залежності від імпорتنих палив, Україна активно розвиває мікромережі на основі



відновлюваних джерел енергії. Ці мікромережі можуть забезпечити незалежне енергопостачання важливих об'єктів, таких як лікарні та школи, навіть в умовах війни. Крім того, введено нове законодавство, що дозволяє виробникам відновлюваної електроенергії продавати її на ринок безпосередньо, що має стимулювати розвиток цього сектору. Також планується інтеграція з європейською системою сертифікації чистої електроенергії, що спростить експорт української відновлюваної електроенергії до ЄС. Таким чином, незважаючи на значні виклики та втрати, Україна продовжує рухатися в напрямку розвитку відновлюваної енергетики, що має важливе значення для енергетичної безпеки та незалежності країни у воєнний та післявоєнний періоди.

Висновки. Таким чином, відновлювану енергетику можна вважати ключовим фактором підвищення енергоефективності економіки оскільки вона сприяє:

- Зниженню енергоємності виробництва. Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) сприяє зниженню енергоємності виробництва за рахунок застосування більш ефективних технологій. Впровадження сонячних панелей, вітрових турбін та біоенергетичних установок дозволяє зменшити залежність від викопних палив, що знижує енерговитрати на виробництво одиниці продукції.
- Підвищенню технологічної ефективності. ВДЕ стимулюють розвиток нових технологій, таких як смарт-мережі, системи зберігання енергії та розподілені енергосистеми. Ці технології дозволяють ефективніше використовувати наявну енергію, зменшуючи втрати та підвищуючи загальну енергоефективність економіки.
- Зменшенню викидів парникових газів. ВДЕ виробляють енергію з мінімальними викидами парникових газів, що сприяє зниженню вуглецевої інтенсивності економіки. Зниження викидів CO₂ підвищує екологічну ефективність, що є важливим аспектом загальної енергоефективності.

- 
- 
- Розвитку місцевих енергетичних ресурсів. ВДЕ часто використовують місцеві енергетичні ресурси (сонце, вітер, біомасу), що знижує необхідність імпорту енергоносіїв та підвищує енергетичну незалежність. Регіональне виробництво енергії зменшує втрати на транспортування та сприяє більш ефективному використанню енергоресурсів.

Відновлювана енергетика є важливим фактором підвищення енергоефективності національної економіки. Вона не тільки забезпечує стабільне та екологічно чисте постачання енергії, але й сприяє зниженню витрат на енергоресурси, зменшенню викидів парникових газів та підвищенню енергетичної безпеки. Використання ВДЕ допомагає створювати нові робочі місця та стимулює економічний розвиток, роблячи їх невід'ємною частиною стратегії сталого розвитку будь-якої країни.

Список використаних джерел

1. International Renewable Energy Agency. Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. International Bank for Reconstruction and Development. 2024. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Jun/IRENA_Tracking_SDG_7_energy_progress_2024.pdf?rev=0b00723c12944c3892981863330bf2c9
2. International Renewable Energy Agency. Renewable energy statistics 2024. 2024. URL: <https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/Renewable-energy-statistics-2024>
3. Huangxin C., Yi S., Xin Z. Investment in renewable energy resources, sustainable financial inclusion and energy efficiency: A case of US economy. *Resources Policy*. 2022. Vol. 77. 102680. URL: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102680>.
4. Rongrong L., Xiaowei W., Qiang W. Does renewable energy reduce ecological footprint at the expense of economic growth? An empirical analysis of 120 countries. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 346. 131207. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131207>.

- 
- 
5. Mohsin M., Taghizadeh-Hesary F., Iqbal N., Saydaliev H. The role of technological progress and renewable energy deployment in green economic growth. *Renewable Energy*. 2022. Vol. 190. 777-787. . URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.03.076>.
 6. Khaylov A. Pinter G., Huang X. Renewable Energy Consumption and Economic Growth Nexus—A Systematic Literature Review. *Front. Environ. Sci.* 2022. 10:878394. doi: 10.3389/fenvs.2022.878394
 7. Jahanger A., Ozturk I., Chukwuma Onwe J., Tonuchi E., Razib M. Do technology and renewable energy contribute to energy efficiency and carbon neutrality? Evidence from top ten manufacturing countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2023. Vol. 56. 103084. URL: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103084>.
 8. Polcyn J., Us Y., Lyulyov O., Pimonenko T., Kwilinski A. Factors Influencing the Renewable Energy Consumption in Selected European Countries. *Energies*. 2022. 15(1):108. URL: <https://doi.org/10.3390/en15010108>
 9. Xin Z., Mandeep M., Xiaowei M., Amar R., Yuping S. Impacts of environmental regulations on green economic growth in China: New guidelines regarding renewable energy and energy efficiency. *Renewable Energy*. 2022. Vol. 187. 728-742. URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.076>.
 10. Popkova E., Bruno S. Energy efficiency in leading emerging and developed countries. *Energy*. 2021. Vol. 221. 119730. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119730>.
 11. Peijun X., Zili Z., Guangyun H., Jun H. Renewable energy and economic growth hypothesis: Evidence from N-11 countries. *Economic Research/Ekonomska Istraživanja*. 2023. Vol 36(1). 2121741. DOI: 10.1080/1331677X.2022.2121741



12.Чепур Д. Світ входить в епоху чистої енергії. Частка зеленої енергетики досягла рекордних 12%. *Forbes Ukraine*. 12 квітня 2023. URL: <https://forbes.ua/news/zelena-energetika-zabezpechue-12-svitovikh-potreb-zvit-12042023-13001>

13.Kyshakevych B., Klymkovych I. Estimation of Z-score for Ukrainian banking system. *Scientific Journal of Polonia University*. 2018. Vol. 30(5). 43-51. URL:<https://doi.org/https://doi.org/10.23856/3003>

14.Kyshakevych B., Maksyshko N., Voronchak I., Nastoshyn S. Ecological and economic determinants of energy efficiency in European countries. *Scientific Horizons*. 2023. 26(8). 140-155. doi: 10.48077/scihor8.2023.140

15.Wang Q., Ge Y., Li R. Does improving economic efficiency reduce ecological footprint? The role of financial development, renewable energy, and industrialization. 2023. *Energy & Environment*, 0(0). <https://doi.org/10.1177/0958305X231183914>