

О. П. Остапенко
С. П. Святенко
Б. В. Сталінський
В. В. Поліщук

ШЛЯХ ЄС ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ КЛІМАТИЧНОЇ НЕЙТРАЛЬНОСТІ: ЕНЕРГЕТИЧНА СКЛАДОВА ТА ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджується стратегія Європейського Союзу щодо досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року з особливим акцентом на енергетичну трансформацію та роль відновлюваних джерел енергії. Проаналізовано ключові політичні ініціативи, технологічні інновації та економічні механізми, що забезпечують перехід до декарбонізованої енергетичної системи. Розглянуто виклики та можливості інтеграції відновлюваної енергетики в єдину енергетичну мережу ЄС.

Ключові слова: кліматична нейтральність, Європейський Союз, відновлювані джерела енергії, декарбонізація, Європейський зелений курс, енергетичний перехід

Abstract

The paper examines the European Union's strategy for achieving climate neutrality by 2050, with a particular focus on the energy transformation and the role of renewable energy sources. It analyses key policy initiatives, technological innovations and economic mechanisms that ensure the transition to a decarbonised energy system. It examines the challenges and opportunities for integrating renewable energy into the EU's single energy grid.

Key words: climate neutrality, European Union, renewable energy sources, decarbonization, European Green Deal, energy transition.

Вступ

Глобальна зміна клімату є одним із найбільших викликів сучасності, що вимагає невідкладних та скоординованих дій від міжнародної спільноти. Європейський Союз зайняв лідируючу позицію у боротьбі зі зміною клімату, проголосивши амбітну мету досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Це означає, що до середини століття ЄС планує скоротити чисті викиди парникових газів до нуля через баланс між їх емісією та поглинанням.

Енергетичний сектор відіграє центральну роль у цій трансформації, оскільки на нього припадає близько 75% загальних викидів парникових газів в ЄС. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ), включаючи сонячну, вітрову, гідро-, біо- та геотермальну енергію, розглядаються як ключовий інструмент декарбонізації енергетичного сектору та досягнення кліматичних цілей.

Результати дослідження

Метою даного дослідження є комплексний аналіз стратегії ЄС щодо досягнення кліматичної нейтральності через призму енергетичної трансформації та визначення ролі відновлюваних джерел енергії у цьому процесі.

Запропоновані нами результати досліджень представлені у Воркшопі EU4DEFA Fall Workshop 3.0 проекту «ЄС для розвитку цифрової, екологічної та фінансової обізнаності громадян / EU for people's digital, eco and financial awareness (EU4DEFA)», що реалізується кафедрою страхування, банківської

справи та управління ризиками Київського національного університету імені Тараса Шевченка (Україна) в рамках програми Європейського Союзу Erasmus+, модуль Jean Monnet «ЄС для цифрової, екологічної та фінансової обізнаності людей» (Модуль Jean Monnet 101174694 – EU4DEFA – ERASMUS-JMO-2024-HEI-TCH-RSCH). Головною метою цього проєкту є сприяння заповненню критичних прогалів у розумінні та впровадженні політики ЄС в Україні, зосереджуючись на основах цифровізації, Зеленої угоди та фінансової обізнаності. Зосереджуючись на аспектах цифровізації, Зеленої угоди та фінансової обізнаності в політиці ЄС та її впровадженні в Україні, EU4DEFA сприяє сталому розвитку в багатьох вимірах.

В нашому дослідженні використано наукові результати з наших попередніх досліджень з [1 – 2].

Політичні ініціативи та нормативна база ЄС.

Європейський зелений курс.

Європейський зелений курс (European Green Deal), представлений Європейською Комісією у грудні 2019 року, є всеосяжною стратегією, що визначає шлях ЄС до кліматичної нейтральності. Ця ініціатива охоплює всі сектори економіки, включаючи енергетику, транспорт, промисловість та сільське господарство.

Ключові елементи Європейського зеленого курсу включають:

- підвищення цільового показника скорочення викидів парникових газів до 55% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року;
- перехід до чистої енергетики та модернізація енергетичної інфраструктури;
- стимулювання інвестицій у відновлювані джерела енергії та енергоефективність;
- створення справедливого та інклюзивного переходу, що не залишає нікого осторонь.

Європейський кліматичний закон.

Європейський кліматичний закон (European Climate Law), прийнятий у 2021 році, закріплює у законодавстві ЄС мету досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Цей нормативний акт встановлює правову основу для моніторингу прогресу та адаптації політики відповідно до наукових рекомендацій.

Директива про відновлювані джерела енергії.

Директива ЄС про відновлювані джерела енергії (Renewable Energy Directive, RED III) встановлює обов'язкову ціль досягнення частки ВДЕ у загальному енергоспоживанні на рівні 42,5% до 2030 року з можливістю збільшення до 45%. Це значне підвищення, порівняно з попередніми цілями, демонструє прискорення енергетичного переходу.

Роль відновлюваних джерел енергії в енергетичній трансформації.

Динаміка розвитку ВДЕ в ЄС.

За останнє десятиліття Європейський Союз досяг значного прогресу у впровадженні відновлюваних джерел енергії. Частка ВДЕ у загальному енергоспоживанні зросла з 9,6% у 2004 році до 21,8% у 2021 році. Особливо динамічно розвиваються вітрова та сонячна енергетика, встановлені потужності яких зростають експоненціальними темпами.

Вітрова енергетика.

Вітрова енергетика є найбільш розвиненим сектором відновлюваної енергетики в ЄС. Станом на 2022 рік загальна встановлена потужність вітрових електростанцій в ЄС перевищила 204 ГВт, з яких близько 16 ГВт припадає на офшорні вітрові парки. Північноморський регіон, зокрема Німеччина, Данія та Нідерланди, лідирують у розвитку офшорної вітрової енергетики. Технологічні інновації у вітроенергетиці, включаючи збільшення розмірів турбін та ефективності генерації, сприяють зниженню вартості виробництва електроенергії. Середня вартість електроенергії з наземних вітрових електростанцій знизилася на 40% за період з 2010 по 2020 рік.

Сонячна енергетика.

Сонячна фотовольтаїка демонструє найшвидші темпи зростання серед усіх відновлюваних технологій. Встановлена потужність сонячних електростанцій в ЄС збільшилася з 129 ГВт у 2019 році до понад 200 ГВт у 2022 році. Німеччина, Іспанія, Італія та Нідерланди є лідерами у впровадженні сонячної енергетики.

Вартість сонячних модулів знизилася на 90% за останнє десятиліття, що робить сонячну енергію однією з найдешевших форм виробництва електроенергії у багатьох регіонах ЄС. Розвиток розподіленої генерації, включаючи дахові сонячні панелі для домогосподарств та бізнесу, сприяє демократизації енергетичного сектору.

Гідроенергетика.

Гідроенергетика залишається найбільшим джерелом відновлюваної електроенергії в ЄС, забезпечуючи близько 13% загального виробництва електроенергії. Хоча потенціал для нових великих гідроелектростанцій обмежений екологічними та географічними факторами, модернізація існуючих потужностей та розвиток малої гідроенергетики залишаються актуальними напрямками.

Біоенергетика та інші ВДЕ.

Біоенергетика, що включає біомасу, біогаз та біопаливо, відіграє важливу роль у декарбонізації теплопостачання та транспорту. Однак використання біомаси залишається предметом дискусій щодо сталості та впливу на біорізноманіття.

Геотермальна енергія та енергія океанів мають значний потенціал, хоча їх частка у загальному енергобалансі залишається відносно невеликою. Розвиток цих технологій потребує додаткових інвестицій та технологічних проривів.

Енергетична інфраструктура та системна інтеграція.

Модернізація електромереж.

Інтеграція великих обсягів змінної відновлюваної енергії вимагає фундаментальної трансформації електричних мереж. Традиційні централізовані енергосистеми мають бути замінені розумними мережами (smart grids), здатними управляти двонаправленими потоками енергії та забезпечувати гнучкість системи.

Ключові напрямки модернізації включають:

- впровадження цифрових технологій та систем моніторингу в реальному часі;
- розвиток транскордонних електричних з'єднань для забезпечення енергетичної солідарності;
- створення розподілених енергетичних ресурсів та мікромереж;
- інтеграція систем накопичення енергії для балансування попиту та пропозиції.

Системи накопичення енергії.

Накопичення енергії є критичним елементом енергетичного переходу, що забезпечує стабільність постачання при високій частці змінних ВДЕ. Технології накопичення енергії включають літій-іонні батареї, гідроакумуляуючі електростанції, стиснене повітря та водень.

Ринок батарейних систем накопичення енергії в ЄС швидко зростає, підтримуваний зниженням вартості технологій та політичними стимулами. Вартість літій-іонних батарей знизилася на 89% між 2010 та 2020 роками, що робить їх економічно життєздатними для широкого впровадження.

Водень як енергоносіє.

Водень, особливо "зелений" водень, вироблений електролізом води з використанням відновлюваної електроенергії, розглядається як ключовий елемент декарбонізації важкої промисловості, транспорту та сезонного накопичення енергії. ЄС розробив Водневу стратегію, що передбачає встановлення потужностей електролізерів на рівні 40 ГВт до 2030 року.

Економічні аспекти енергетичного переходу.

Інвестиційні потреби.

Досягнення кліматичної нейтральності потребує масштабних інвестицій в енергетичну інфраструктуру. За оцінками Європейської Комісії, щорічні інвестиції в енергетичний сектор мають збільшитися на 350 млрд. євро у період до 2030 року. Ці інвестиції мають бути спрямовані на відновлювані джерела енергії, енергоефективність, модернізацію мереж та системи накопичення.

Механізми фінансування

ЄС розробив комплексну систему фінансових інструментів для підтримки енергетичного переходу:

- фонд відновлення NextGenerationEU, що передбачає виділення значних коштів на зелені інвестиції;
- механізм справедливого переходу (Just Transition Mechanism) для підтримки регіонів, залежних від викопного палива;
- система торгівлі викидами ЄС (EU ETS), що створює економічні стимули для скорочення викидів;
- інноваційний фонд для підтримки впровадження низьковуглецевих технологій.

Вплив на ціни електроенергії.

Енергетичний перехід має складний вплив на ціни електроенергії. З одного боку, зниження вартості відновлюваних технологій сприяє зниженню граничних витрат на виробництво електроенергії.

З іншого боку, необхідність модернізації інфраструктури та забезпечення гнучкості системи може призвести до тимчасового підвищення цін.

Виклики та бар'єри.

Технічні виклики.

Інтеграція високих часток змінної відновлюваної енергії створює технічні виклики для стабільності енергосистеми. Проблеми балансування попиту та пропозиції, забезпечення частотної стійкості та напруги в мережі вимагають розробки нових підходів до управління енергосистемами.

Соціальні та політичні бар'єри.

Енергетичний перехід має забезпечувати справедливість та інклюзивність, уникаючи негативних соціальних наслідків. Регіони, що історично залежали від викопного палива, потребують підтримки у створенні нових робочих місць та економічних можливостей.

Громадська прийнятність проєктів відновлюваної енергетики, особливо вітрових парків та ліній електропередач, залишається важливим фактором успішної імплементації енергетичного переходу. Залучення місцевих громад до процесу прийняття рішень та справедливий розподіл вигод є критичними для забезпечення підтримки.

Регуляторні та ринкові бар'єри.

Існуючі регуляторні рамки та ринкові механізми часто не повною мірою враховують специфіку відновлюваних джерел енергії. Необхідність реформування ринків електроенергії для забезпечення адекватної компенсації за гнучкість та додаткові системні послуги залишається актуальною.

Перспективи та сценарії розвитку.

Сценарії досягнення кліматичної нейтральності.

Європейська Комісія розробила декілька сценаріїв досягнення кліматичної нейтральності, що відрізняються темпами впровадження технологій, рівнем електрифікації та роллю різних енергоносіїв. Всі сценарії передбачають значне зростання частки відновлюваної енергії до 80-100% у виробництві електроенергії до 2050 року.

Технологічні інновації.

Майбутній успіх енергетичного переходу залежить від продовження технологічних інновацій у таких напрямках:

- підвищення ефективності та зниження вартості відновлюваних технологій;
- розвиток технологій накопичення енергії великої потужності та тривалості;
- впровадження штучного інтелекту та машинного навчання для оптимізації енергосистем;
- розробка нових матеріалів для сонячних панелей та вітрових турбін.

Міжнародне співробітництво.

Досягнення кліматичних цілей вимагає посиленого міжнародного співробітництва. ЄС активно співпрацює з іншими країнами та регіонами у рамках Паризької угоди, обмінюючись досвідом, технологіями та найкращими практиками енергетичного переходу.

Висновки

1. Європейський Союз демонструє лідерство у глобальних зусиллях щодо боротьби зі зміною клімату через амбітну стратегію досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Енергетичний сектор відіграє центральну роль у цій трансформації, а відновлювані джерела енергії є ключовим інструментом декарбонізації.

2. Значний прогрес вже досягнутий у впровадженні вітрової та сонячної енергетики, що супроводжується зниженням вартості технологій та покращенням їх ефективності. Однак, повноцінна реалізація енергетичного переходу вимагає вирішення комплексу технічних, економічних, соціальних та політичних викликів.

3. Модернізація енергетичної інфраструктури, розвиток систем накопичення енергії, впровадження водневих технологій та забезпечення справедливого переходу є критичними елементами успіху. Масштабні інвестиції, інноваційні технології та ефективна політична підтримка створюють передумови для досягнення амбітних кліматичних цілей.

4. Досвід ЄС у енергетичному переході має глобальне значення, демонструючи можливість поєднання економічного розвитку з екологічною відповідальністю. Продовження цього шляху потребує постійної політичної волі, технологічних інновацій та широкої суспільної підтримки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

1. Ostapenko Olga. Estimation of tendencies of transforming the energy sectors of World, European and Ukraine in the perspective to 2050 with using the renewable energy sources in the concept of Sustainable Development. Ostapenko Olga (2021). Estimation of tendencies of transforming the energy sectors of World, European and Ukraine in the perspective to 2050 with using the renewable energy sources in the concept of Sustainable Development. Social capital: Vectors of development of behavioral economics: Collective monograph. (pp. 99 – 139). Veliko Tarnovo, Bulgaria: ACCESS Press Publishing house. Social capital: vectors of development of behavioral economics: collective monograph / Editor: Mariana Petrova. Veliko Tarnovo, Bulgaria: ACCESS Press Publishing house, 2021. 183 p.
2. Ostapenko, O., Alina, G., Serikova, M., Popp, L., Kurbatova, T., Bashu, Z. Towards Overcoming Energy Crisis and Energy Transition Acceleration: Evaluation of Economic and Environmental Perspectives of Renewable Energy Development. In: Koval, V., Olczak, P. (eds) Circular Economy for Renewable Energy. Green Energy and Technology, 2023. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-30800-0_7.

Ольга Павлівна Остапенко – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Сергій Петрович Святенко – студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Богдан Вікторович Сталінський – студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Володимир Віталійович Поліщук – студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Olga P. Ostapenko – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ostapenko1208@gmail.com

Serhii P. Sviatenko – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Bohdan V. Stalinskyi – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Volodymyr V. Polishchuk – Student of the Faculty of the Building, of Civil and Ecological Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia