



УДК 621.548-047.44:332.1(477.87):620.9-048.38(477)(045)

ANALYSIS OF THE WIND ENERGY POTENTIAL OF ZAKARPATTIA OBLAST AND THE REGION'S ROLE IN THE DEVELOPMENT OF UKRAINIAN RENEWABLE ENERGY

АНАЛІЗ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ТА РОЛЬ РЕГІОНУ У РОЗВИТКУ УКРАЇНСЬКОЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Odoshevskyi O.S. / Одошевський О.С.

Student / здобувач вищої освіти

ORCID ID: 0009-0006-1966-9865

Maksyutova O.V. / Максютова О.В.

PhD / доктор філософії

ORCID ID: 0000-0001-8400-1382

Mukachevo State University, Mukachevo, Uzhhorodska 26, 89600

Мукачівський державний університет, Мукачево, Ужгородська 26, 89600

Анотація. У цій статті аргументується та доводиться те, що сучасному суспільству необхідно через низку причин, зокрема екологічних, політичних та економічних впроваджувати або збільшувати наявну частку альтернативних джерел енергії у своїй енергетичній системі. В умовах прогресуючих глобальних проблем, пов'язаних із забрудненням довкілля, змінами клімату, поступовим вичерпанням традиційних джерел енергії та ін. питання впровадження альтернативної енергетики в енергосистеми країн світу є надзвичайно важливим та актуальним. Також досліджується поточний стан енергетики України та Закарпатської області, причини розвитку вітроенергетики регіону, враховуючи його географічні та кліматичні особливості. Проаналізовано вітровий потенціал регіону та його вітроенергетичні проєкти. Розглядається розвиток вітроенергетики в Закарпатській області у майбутньому, враховуючи сучасні концепції ресурсозбереження, енергоощадження та сталого розвитку, яких має дотримуватися суспільство. Також аналізуються позитивні та негативні чинники впливу вітрової енергетики, розвінчуються деякі популярні міфи, що стосуються цього типу альтернативних джерел енергії. Обґрунтовується вибір територій України та Закарпаття, які є найбільш придатними та доцільними для розвитку вітроенергетики. Також наголошується на важливості залучення інвестицій та налагоджування співпраці в енергетичній сфері з прогресивними державами-партнерами України, які вже роками працюють над удосконаленням своїх енергетичних систем, та активно впроваджують і вводять у експлуатацію на своїй території різного виду альтернативні джерела енергії, зокрема вітрову енергетику.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, альтернативні джерела енергії, вітроенергетика, Закарпаття, енергетичний потенціал, ресурсозбереження, енергоощадження, сталий розвиток

Актуальність тематики цього дослідження визначається низкою важливих факторів, пов'язаних з енергетичною безпекою та екологічною стабільністю планети. Традиційні джерела енергії такі як вугілля, нафта, уран не є відновлюваними, тобто їх запаси мають властивість вичерпуватися, і за прогнозами науковців, це може статися упродовж наступних 100-200 років за

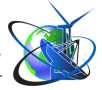


нинішніх темпів енергоспоживання. Крім того, погіршення глобальної екологічної ситуації щороку демонструє ускладнення можливостей використання зазначених джерел енергії. Окрім того, проблемою використання традиційних джерел енергії є суттєві втрати на імпорту та транспортування енергоносіїв, залежність від їх імпортерів. У цих умовах Україна потребує невідкладного переходу до впровадження енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій. Одним із перспективних напрямків у цьому контексті є активний розвиток вітроенергетики, яка відповідає сучасним вимогам сталого розвитку держави. Це питання, а саме пошук нових енергетичних ресурсів набуває все більшої актуальності загалом у сучасному світі. Усвідомлення усіх зазначених вище проблем спонукає людство до активних дій, спрямованих на пошук та освоєння альтернативних джерел енергії. Альтернативні джерела енергії – це невикопні джерела енергії, які існують на постійній основі або періодично з'являються в природі. До таких відносяться енергія Сонця, вітру, енергія хвиль та припливів тощо.

Метою дослідження є обґрунтування необхідності збільшення частки відновлювальних джерел енергії, зокрема вітроенергетики у енергосистемі країн світу та об'єктивне висвітлення вітроенергетичного потенціалу Закарпатської області

Вступ

Україна активно інтегрується у сучасні світові енергетичні процеси і впроваджує на своїй території нові тенденції у галузі енергетики, в тому числі демонструючи явне зростання інтересу до розвитку альтернативних джерел енергії. Вони є важливою частиною енергетичної програми сучасної держави і над суспільством існує наявна потреба у розвитку цього напрямку. Вітроенергетика на сьогоднішній день є найбільш швидкозростаючою галуззю серед альтернативних джерел енергії. За останні двадцять років ця область перетворилася з екзотичного явища в напрямок який стрімко розвивається, де розроблені більш ефективні і надійні технології, вартість яких за десять років знизилася майже вдвічі, що дозволило налагодити їх комерційне виробництво



[1]. Попередня інтенсивна практика необмеженого спалювання викопних паливних ресурсів призвела до зменшення асиміляційного потенціалу навколишнього середовища по відношенню до парникових газів, що входять до складу продуктів горіння. У зв'язку з цим, проектуванню та будівництву електростанцій на основі відновлювальних джерел зараз приділяється велика увага з боку держави та науковців [2].

Виклад основного матеріалу

Потреба в енергетиці лишається значною по всьому світу, а в Україні, особливо, в умовах війни, від якої дуже постраждала українська енергетика. Через обстріли було пошкоджено великий відсоток генерації. Ці порожнини в енергетиці держави потребують заповнення для забезпечення стабільності у кожному куточку України. Місією Енергетичної стратегії України до 2050 року є створення умов для сталого розвитку національної економіки через забезпечення доступу до надійних, стійких і сучасних джерел енергії. До 2050 року енергетичний сектор має бути максимально наближений до кліматичної нейтральності. Це означатиме наявність чистої енергії, подолання енергетичної бідності, розвиток інноваційної та децентралізованої енергосистеми, повноцінне функціонування національних енергетичних ринків і їх інтеграцію в міжнародні. Ключовими принципами Енергетичної стратегії України є економічна обґрунтованість, екологічність, доступність, соціальна справедливість та ринковість [3].

Станом на зараз майже вся українська енергетика тримається на атомній та відновлювальній генерації. Атомна енергетика є надійним джерелом енергії, проте такий вид електростанцій потребує належного догляду, аби уникнути катастроф, подібних до Чорнобильської, і, до того ж, шкодить екології, адже після використання урану чи інших видів ядерного палива залишаються сильні радіоактивні відходи, які розкладаються дуже багато років. Відновлювальні ж джерела енергії не здійснюють ні викидів парникових газів, ні, тим паче, радіоактивних відходів, і це є їх значною перевагою. Крім цих переваг можна ще виділити те, що вітер є безкоштовним, а отже потреба у придбанні енергоносіїв може частково або повністю зникнути, що в умовах збільшення цін є також



економічно вигідним для держави. Крім цього вітер є невичерпним. Проте, на жаль, вітрова генерація теж має деякі недоліки. До них можна віднести проблему розташування: ВЕУ не можна розміщувати де завгодно, вони мають знаходитись у дозволених на це місцях, до того ж з підходящими метеорологічними показниками. Крім того, після закінчення терміну служби доволі проблематичною є питання утилізації таких установок. Важливим також є момент, пов'язаний з вимогами до надійності і безпеки функціонування ВЕУ, який має забезпечуватися належним чином при проектуванні за рахунок розроблення оптимальної конструкції установки [4].

На впровадження певних нововведень завжди присутня реакція з боку суспільства. І вітрова енергетика не залишилась осторонь. Думка населення певної місцевості на впровадження вітроенергетичних проєктів завжди ділиться на два табори: одні повністю підтримують та вважають, що будь-які кроки в сторону впровадження та розвитку альтернативних джерел енергії є правильними з боку держави, а інші повністю проти будь-яких подібних нововведень і наполягають на використанні традиційних джерел енергії. За достатньо великий час, від самого зародження вітроенергетики та у процесі набуття нею популярності станом на сьогодні накопичилася доволі велика кількість неправдивих тверджень, що стосуються вітрової енергетики. Одним із таких є твердження про те, що вітроенергетичні установки спричиняють значне збільшення смертності птахів, і це твердження насправді є доволі поширеним міфом, і це ілюструється зображенням нижче:

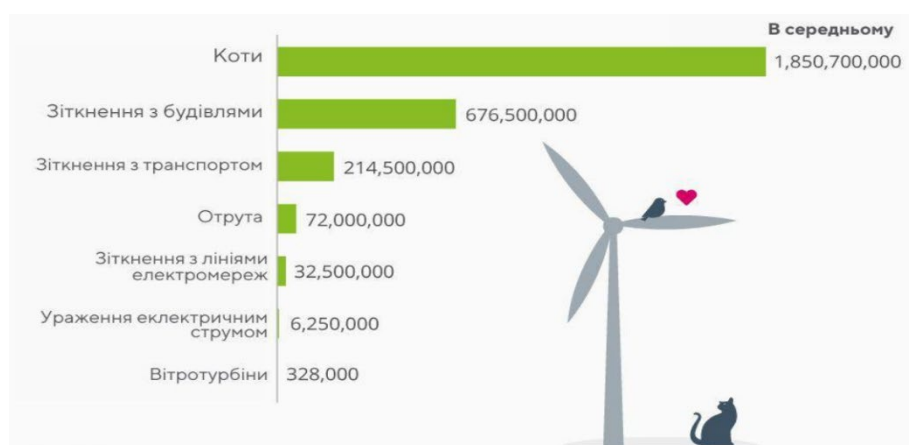


Рис. 1. Орієнтована смертність птахів у США

Джерело: [8]



Тобто смертність птахів від котів у США орієнтовно в 5600 разів більше, ніж від роботи вітроенергетичних установок. Приблизно такі самі показники будуть і в інших країнах світу, а тому це твердження є помилковим.

Наступним поширеним міфом про вітроенергетику є твердження про те, що вони протягом всієї доби відтворюють дуже сильний шум при своїй роботі, який буде заважати мешканцям тих населених пунктів, навколо яких планується встановлення та експлуатація таких установок. Насправді, сучасні вітроенергетичні установки будуються від житлових будинків на відстані не менше ніж 300 метрів, і при цьому відтворюють шуму в межах 35-45 дБ. Для порівняння, пиросос відтворює шуму приблизно у 80 дБ.

Як було зазначено вище, не будь-яка територія може підійти для встановлення та експлуатації вітроенергетичних установок. Для розвитку цього виду альтернативних джерел енергії передусім найбільш придатними є території, де коливання швидкості вітру якомога менші, а середня його швидкість перевищує 3 м/с. Значна частина України має сприятливі умови для виробництва електроенергії сучасними вітровими електростанціями з високим ступенем ефективності [6].

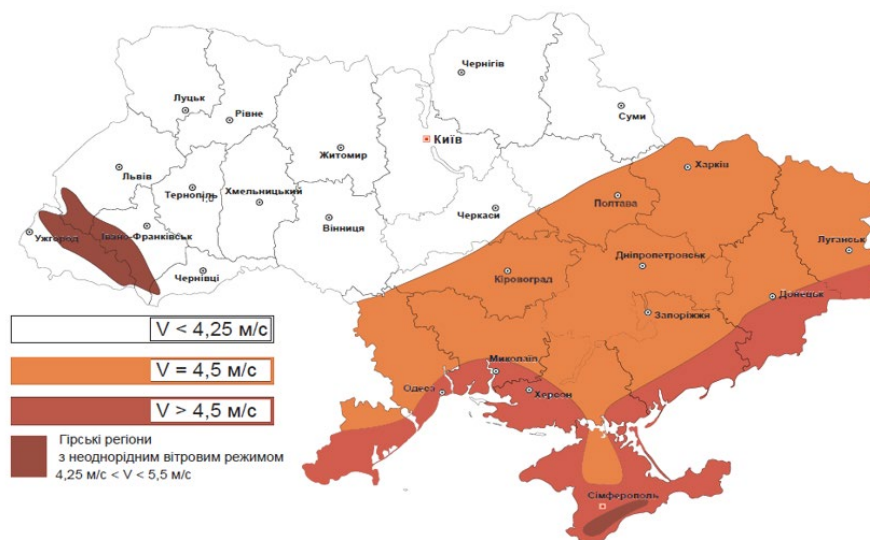


Рис. 2. Потенціал вітрової енергії в Україні

Джерело: [9]

Проаналізувавши карту, показану вище, у якій наведено вітрові показники на території України одразу стає зрозуміло, що найбільш сприятливими для



розвитку вітроенергетики є південні, східні, південно-східні та західні території держави, а саме узбережжя Чорного та Азовського морів, де за рахунок різниці температур Чорного та Азовського морів, що провокує переміщення повітряних мас, на території від Одеської до Херсонської області утворилася так звана «повітряна труба» [10], а також Донецька височина, Кримський півострів, високогір'я Карпат, де також сприятливі вітрові умови. Проте більша частина існуючої вітрової генерації України наразі знаходиться на тимчасово окупованих територіях, тому Україна концентрується на розвитку вітроенергетики у придатних на це місцях на Заході країни. Сприятливими територіями на Заході держави для будівництва та експлуатації ВЕУ є гориста частина України, зокрема Закарпатська область. Проте не вся територія цієї області придатна для будівництва вітроенергетичних установок, оскільки ВЕУ має повну залежність від наявності вітру, якого не багато у долинах гірських річок і на Закарпатській низовині, а тому через низькі вітрові умови вітроелектростанції будувати в таких зонах буде абсолютно недоцільно. Також умови вітровикористання менш сприятливі у вузьких, захищених долинах та на низовині, де середня швидкість вітру за рік лише в поодиноких місцях перевищує 3 м/с. На подібних низовинах придатними для використання вітру як енергетичного ресурсу можуть бути лише окремі місця, насамперед горбогір'я, які значно виступають над навколишньою місцевістю. Проте треба уважати, що райони з гірською місцевістю і схилами крутизною понад 20 градусів вважаються технічно складними для розвитку вітрової енергетики [6]. Якщо врахувати цей фактор, то для будівництва ВЕУ придатні лише 25% території Закарпаття (3211 км²) [7]. Перед розробленням проектів будівництва ВЕУ на територіях, придатних за метеорологічними показниками, необхідно провести їх комплексний геопросторовий аналіз стосовно наявності факторів, які виключають можливість будівництва ВЕУ: природні території, що перебувають під охороною, ліси, річки, населені пункти, транспортна мережа, енергомережа та їх буферні зони. Не можна, зокрема, залишати поза увагою інший важливий ресурс гірських територій – ліси. 52,6% території Закарпатської області займають ліси, а 13,9% належать до



природоохоронних зон. Найціннішим в Українських Карпатах вважаються букові праліси, площа яких становить 77971,6 га, з них 70% розташовані на території Закарпаття. Букові праліси занесені до списку об'єктів Світової спадщини ЮНЕСКО [5].

Станом на теперішній час вітроенергетика Закарпаття вже здобула певні досягнення та набирає обертів у регіоні. У січні 2025 року заступник керівника Офісу Президента Віктор Микита заявив про те, що перші дві вітротурбіни, які встановлені на території Нижньоворітської громади Закарпаття досягли позначки у 5 мільйонів згенерованих кіловатів чистої енергії для енергосистеми України.

Отже, цей живий приклад підкріплює усю наведену вище інформацію і підтверджує те, що регіон є дійсно хорошою територією для розвитку вітрової генерації і готовий до збільшення темпів розвитку, встановлення нових сучасних вітротурбін завдяки наявності у Закарпатській області територій, підходящих для вітрової генерації за географічними та кліматичними показниками. Для більш швидкого та ефективного освоєння цього перспективного напрямку в енергетиці варто активно розвивати співпрацю з прогресивними державами світу для обміну досвідом та впровадженню найкращих практик від партнерів. До прикладу, Німеччина до 2030 року прагне зробити вітрову генерацію основним джерелом енергії для країни. Також не менш важливим є те, що збільшення частки відновлювальних джерел енергії в енергосистемі, зокрема вітроенергетики, поступово стимулюватиме і економічний розвиток України, і як наслідок, економічний розвиток кожного з її регіонів, адже збільшення частки вітрової енергетики добре відобразиться на вартості електроенергії для побутових споживачів та бізнесу. І ще потрібно брати до уваги те, що також спостерігатиметься і зниження викидів радіоактивних відходів, двоокису вуглецю та інших парникових газів, що зменшить негативний вплив на здоров'я людини та довкілля. Регіон може зробити великий вклад у екологічно чисте, «зелене» майбутнє України.



Список використаних джерел

1. Чиринда, М.-В. А. Обґрунтування економічної ефективності використання вітроенергетики в різних регіонах України : диплом. робота за освіт.-кваліф. рівнем «магістр» : спец. 8.18010017 – економіка довкілля і природних ресурсів магістер. програма – економіка довкілля і природних ресурсів / Михайло-Вадим Анатолійович Чиринда ; наук. керівник д.т.н., професор Р. Б. Гевко. – Тернопіль, 2017. – 107 с.
2. Легешича Д. Розвиток вітроенергетики України на прикладі Закарпатської області [текст] Ю.В. Шароді., Д. Легешича //Збірник наукових праць студентів географічного факультету. Ужгород, 2020.- С. 63-68.
3. Енергетична стратегія України до 2050 року. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya-0>. (дата звернення: 08.02.2022).
4. Скрипник А. В., Сабіщенко О. В., Корецький С. Л. Вітроенергетичні установки як альтернатива енергозощаджуючих технологій та енергозабезпечення. Енергетика і автоматика. 2014. №3. С.134-140.
5. Сучасний стан та перспективи розвитку вітрової енергетики у світі, Європі та в Україні, зокрема на Закарпатті. Український географічний журнал. 2020. № 1 (109). с. 59-70.
6. Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF) – Технічний звіт з оцінки потенціалу відновлюваної енергетики в Україні: Енергія вітру. URL: http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Wind_Technical_Report.pdf
7. Макаровський Є. Л., Зінич В.О. Оцінка вітроенергетичного потенціалу України. Географія. 2014. 58 (2). С. 169–178.
8. Найбільш поширені міфи про вітрову енергетику на Закарпатті. Електронний ресурс. URL: <https://zakarpattya24.com/najbilsh-poshyreni-mify-pro-vitrovu-energetyku-na-zakarpatti-top-10/>
9. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.:



НГУ, 2015. – 335 с.

10. Збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму, 15 – 17 жовтня 2020 р. / Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. – Запоріжжя: Запорізька торговопромислова палата, 2020. – 500 с.

References.

1. Chyrynda, M.-V. A. (2017). *Justification of economic efficiency of wind energy use in different regions of Ukraine*. Master's thesis, Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University.
2. Lehesychyia, D., & Sharodi, Yu. V. (2020). Development of wind energy in Ukraine on the example of Transcarpathian region. *Collection of scientific papers of students of the Faculty of Geography, Uzhhorod*, 63-68.
3. Ministry of Energy of Ukraine. *Energy strategy of Ukraine until 2050*. Retrieved February 8, 2022, from <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya-0>
4. Skrypnyk, A. V., Sabishchenko, O. V., & Koretskyi, S. L. (2014). Wind power plants as an alternative to energy-saving technologies and energy supply. *Energy and Automation*, 3, 134-140.
5. Hadnad, I., Tar, K., & Molnar, Ya. (2020). Current state and prospects of wind energy development in the world, Europe and Ukraine, particularly in Transcarpathia. *Ukrainian Geographical Journal*, 1(109), 59-70.
6. Ukraine Sustainable Energy Lending Facility (USELF). *Renewable energy potential assessment technical report for Ukraine: Wind energy*. Retrieved from <http://www.uself.com.ua/fileadmin/documents/U-Wind Technical Report.pdf>
7. Makarovskiy Ye., Zynych V. (2014). Wind energy potential assessment of Ukraine. *Geographia*, 58 (2), 169–178.
8. Most Common Myths About Wind Energy in Zakarpattia [Electronic resource]. URL: <https://zakarpattya24.com/najbilsh-poshyreni-mify-pro-vitrovu-energetyku-na-zakarpatti-top-10/>
9. Pivnyak, G., Shkrabets, F., Neuberger, N., & Tsyplenkov, D. (2015). *Fundamentals of Wind Energy: Textbook*. National Mining University. 335.
10. Zaporizhzhia City Council & Zaporizhzhia Chamber of Commerce and Industry. (2020). *Collection of Abstracts of the IV Specialized International Zaporizhzhia Environmental Forum, October 15-17, 2020*. Zaporizhzhia: Zaporizhzhia Chamber of Commerce and Industry.

Abstract. This article argues and proves that modern society needs to implement or increase the existing share of alternative energy sources in its energy system due to a number of reasons, including environmental, political, and economic ones. In the context of progressing global problems related to environmental pollution, climate change, the gradual depletion of traditional energy sources, and others, the issue of implementing alternative energy in the energy systems of the world's countries is extremely important and relevant. The current state of energy in Ukraine and the Zakarpattia region is also investigated, along with the reasons for the development of wind energy in the region, considering its geographical and climatic features. The wind potential of the region and its wind energy projects are analyzed. The development of wind energy in the Zakarpattia region in the future is considered, taking into account modern concepts of resource conservation, energy saving, and sustainable development, which society must adhere to. The positive and negative factors of the impact of wind energy are also analyzed, and some popular myths regarding this type of alternative energy source are debunked. The selection of territories in Ukraine and Zakarpattia that are most suitable and appropriate for the development of wind energy is substantiated. The importance of attracting investment and establishing cooperation in the energy sector with progressive partner states of Ukraine, which have been working for years to improve their energy systems and actively implement and put into operation various types of alternative energy sources,



particularly wind energy, on their territory, is also emphasized. Indeed, assistance from European countries can accelerate the development of all types of alternative energy sources, including wind energy in Ukraine.

Keywords: *enewable energy sources, energy, wind energy, Zakarpattia, energy potential, resource conservation, energy saving, sustainable developmen*

Науковий керівник: PhD, старший викладач Максютова О.В.

Статтю надіслано: 29.04.2025

© Одошевський О.С., Максютова О.В.