

АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІД ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Отримано 20 вер. 2023 р.; рекомендовано до публікації 27 вер. 2023 р.
Доступно онлайн 30 вер. 2023 р.

О. О. Рєпкін^{1,2}

Автор для кореспонденції: Олександр Рєпкін,
e-mail: riepkin@hydrogen.ua

¹ аспірант.
<https://orcid.org/0000-0002-3448-6729>

² президент.

¹ Інститут відновлюваної енергетики НАН
України, м. Київ, Україна.

² Енергетична асоціація «Українська Воднева
Рада».

Анотація. Використання зеленого водню відіграє важливу роль у відновленні України, оскільки є одним з ключових напрямів переходу до чистої відновлюваної енергетики. Завдяки впровадженню проєктів у цій сфері Україна та Європейський Союз отримають екологічно стале джерело енергії, переведуть значну частку української економіки на низьковуглецеву основу та забезпечать розвиток пан'європейських водневих мереж. Співпраця з європейськими країнами сприятиме розвитку української енергетичної інфраструктури, створенню нових робочих місць та зниженню впливу на навколишнє середовище. Подальший розвиток галузі відновлюваної енергетики можливий за умови створення регульованих потужностей, будівництва промислових енергетичних акумулювальних потужностей з метою стабілізації відпуску електроенергії до об'єднаної електричної мережі й формування коректної державної політики. Регульовані потужності допоможуть вирішити питання надлишку електроенергії в години профіциту на ринку, стабілізувати ситуацію в години дефіциту, відмовитись від імпорту електроенергії з інших країн та сформувати ринок експорту української електроенергії в європейські країни. З урахуванням міжнародної підтримки водень може слугувати необхідним буфером і забезпечити стійкість загальної енергетичної системи України. У цій статті представлено огляд засад для розробки проєктів комплексного використання ВДЕ з метою отримання зеленого водню на території України та перспектив постачання його до загальної Європейської системи.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, водневі долини, зелене відновлення, зелений водень

ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN UKRAINE BY USING ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES

Received Sept. 20, 2023; accepted Sept. 27, 2023
Available online Sept. 30, 2023

О. Repkin^{1,2}

Author for correspondence: Olexandr Repkin,
e-mail: riepkin@hydrogen.ua

¹ PhD student..
<https://orcid.org/0000-0002-3448-6729>

² president.

¹ Institute of Renewable Energy of the National
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

² Energy Association "Ukrainian Hydrogen
Council".

Abstract. Green hydrogen has an important role to play in Ukraine's recovery, as it is one of the key areas of transition to clean renewable energy. Through the implementation of projects in this area, Ukraine and the European Union will receive an environmentally sustainable source of energy, transfer a significant share of the Ukrainian economy to a low-carbon basis, and ensure the development of pan-European hydrogen networks. Cooperation with European countries will help develop Ukraine's energy infrastructure, create new jobs and reduce environmental impact. Further development of the renewable energy sector is possible provided that regulatory capacities are created, industrial energy storage facilities are built to stabilise electricity supply to the integrated power grid and the correct state policy is

developed. Regulatory capacities will help to resolve the issue of electricity surplus during surplus hours in the market, stabilise the situation during deficit hours, abandon electricity imports from other countries and create a market for Ukrainian electricity exports to European countries. With international support, hydrogen can serve as a necessary buffer and ensure the resilience of Ukraine's overall energy system. This article provides an overview of the framework for developing integrated renewable energy projects to produce green hydrogen in Ukraine and the prospects for its supply to the European grid.

Keywords: renewable energy sources, hydrogen valleys, green recovery, green hydrogen

Вступ. У світі стрімко розвивається використання водню в стратегічно важливих галузях економік розвинутих країн. Порушення глобального енергетичного ринку, спричинене вторгненням росії в Україну в 2022 році, змусило уряди країн ЄС і багатьох інших країн терміново трансформувати свої енергетичні системи та в прискореному режимі переходити на відновлювані джерела енергії. Водень розглядається як новітній енергоресурс, який є головним чинником досягнення зниження викидів парникових газів, зменшення споживання вуглецю, досягнення енергетичної незалежності країн та виконання умов європейської програми «New Green Deal».

Використання зеленого водню відіграє важливу роль у відновленні України, оскільки є одним з ключових напрямів переходу до чистої відновлюваної енергетики. Завдяки впровадженню проєктів у цій сфері Україна та Європейський Союз отримують екологічно стале джерело енергії, переведуть значну частку української економіки на низьковуглецеву основу та забезпечать розвиток пан'європейських водневих мереж. В Україні сподіваються на продовження підтримки з боку Європейського Союзу, зокрема доступу до фінансових ресурсів (наприклад, через платформу відновлення України), та експертної допомоги для успішної реалізації водневих проєктів. Це не тільки сприятиме процесу енергетичної трансформації та зменшенню викидів вуглецю, але й значною мірою покращить енергетичну безпеку та стабільність на континенті.

У 2023 році Україна та Європейська Комісія офіційно підписали меморандум про стратегічне партнерство у сфері відновлюваних газів, відкриваючи нові горизонти для співпраці та інвестицій в енергетичну сферу країни. Цей меморандум закладе основу для співпраці між Україною та Євросоюзом у сфері розвитку відновлюваних джерел енергії, зокрема біогазу, геотермальної енергії, сонячної енергетики та водневої енергетики.

Комплексне використання різних відновлюваних джерел енергії дозволить вирішити першочергові завдання української енергетики, такі як відсутність балансування «зелених» електростанцій, та зміцнить зв'язки з європейськими країнами за рахунок розвитку нового перспективного ринку відновлюваних газів.

Постановка завдання. У цій статті представлено огляд засад для розробки проєктів комплексного використання ВДЕ з метою отримання зеленого водню на території України та перспектив постачання його до загальної Європейської системи.

Виклад основного матеріалу. Світові країни-лідери приймають національні стратегії розвитку водневих технологій та інтегрують їх в життєво важливі галузі економіки. Водневі технології першочергово запроваджуються в таких галузях економіки: енергетична – використання водню для зберігання електричної енергії, транспортна – водень як екологічно нейтральне паливо для всіх видів транспорту, житлово-комунальна – водень як джерело електричної й теплової енергії для забезпечення потреб приватних і багатоповерхневих будівель та ін.

Завдяки високому потенціалу виробництва так званого зеленого водню та розвиненій інфраструктурі Україна фігурує у водневій стратегії ЄС як пріоритетний партнер. Наприкінці травня 2020 року в Брюсселі віцепрезидентом єврокомісії Франсом Тіммермансом було презентовано План розвитку водневої галузі до 2030 року. Документ має назву «Green Hydrogen Investment and Support Report». Інвестиції у водневі технології сприятимуть створенню нової екологічно нейтральної моделі економіки країн Європи та допоможуть відновитися після економічного спаду. Нова воднева система передбачає побудову виробництва водню, формування інфраструктури, створення сховищ для зберігання та налагодження каналів збуту водню. План розроблено на основі досліджень попиту на споживання водню «FCH JU Hydrogen Roadmap Europe» та досліджень про обсяги його виробництва до 2030 року «Зелений водень Європи» та «2x40 ГВт Green Hydrogen для Європейської зеленої угоди».

У межах ініціативи 2x40 ГВт Green Hydrogen для Європейської зеленої угоди Україні виділено 10 ГВт потужності електролізерів, з яких 2,5 ГВт потужності призначено для формування внутрішнього українського ринку та 7,5 ГВт – це експортна потужність.

У травні цього року Європейська комісія оприлюднила свій план REPowerEU [1, 6] як наступний крок у розвитку водневої галузі та відповідь на російське вторгнення в Україну, в якому описано, як блок планує скоротити споживання енергії, збільшити використання відновлюваних джерел енергії та диверсифікувати джерела постачання викопного палива. Це включає зобов'язання припинити залежність від російського викопного палива до 2027 року [2] та збільшити частку відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі до 45 %. У цьому напрямку пріоритетом для України є скорочення викидів CO₂ на 65 % до 2030 року, проведення реформ для досягнення кліматичної нейтральності. Це вагомий внесок України в протидію змінам клімату європейського континенту. План REPowerEU має за мету збільшити викорис-

тання біометану та відновлюваного водню, а також створити водневий акселератор, щоб розвивати інтегровану інфраструктуру, сховища та портові потужності. Європейська комісія також підтримуватиме пілотні проекти з виробництва та транспортування відновлюваного водню, такі як Середземноморське партнерство із зеленого водню.

REPowerEU також має на меті збільшити навантаження на відновлювані джерела енергії вдвічі до 2025 року та втричі – до 2030 року, спрощуючи дозвольний режим для проектів вітряної та сонячної енергетики. Це дасть змогу майже втричі збільшити встановлені потужності вітряної та сонячної енергетики в ЄС.

REPowerEU планується реалізувати через партнерство з українськими виробниками та операторами енергосистеми. Під час візиту представника Європейської комісії до України в 2023 році був підписаний меморандум про стратегічне партнерство у сфері відновлюваних газів, що допоможе відкрити нові горизонти для співпраці та інвестицій. Також були обговорені перспективи розвитку відновлюваної енергетики та можливості залучення європейських технологій в Україну.

Очікується, що ця співпраця сприятиме розвитку української енергетичної інфраструктури, створенню нових робочих місць та зниженню впливу на навколишнє середовище. У рамках меморандуму передбачено забезпечення технічної допомоги, обмін досвідом та навчання фахівців, а також можливість отримання фінансової підтримки для реалізації проектів у сфері відновлюваних газів. Це сприятиме модернізації енергетичної галузі та прискоренню інтеграції України в європейський енергетичний ринок.

Український уряд активно почав розвивати проекти водневих долин, маючи на меті стати лідером у виробництві та експорті зеленого водню в Європі. Концепція долин полягає в реалізації місцевих інфраструктурних об'єктів за рахунок співпраці локальних маркетмейкерів з метою виробництва зеленого водню та розвитку галузі. Основними перевагами цих водневих долин є централізоване виробництво зеленого водню, спільна розвинута високотехнологічна інфраструктура (трубопроводи, заправні станції тощо), наявність різноманітних кінцевих користувачів (заводи важкої промисловості, наприклад, сталеливарна галузь, виробництва автомобілів та вантажівок на паливних елементах тощо). У межах водневих долин для виробництва водню використовується виключно електроенергія, отримана від електростанцій на відновлюваних джерелах енергії. Передбачається створення та розміщення у вибраних регіонах потужних промислових сонячних та вітроелектростанцій.

Перші дві транскордонні водневі долини в Україні отримають можливу фінансову підтримку для досліджень виробництва зеленого водню в Закарпатській та Одеській областях. Долини мають потенціал встановити потужність електролізера 2,5 ГВт та виробляти 220 000 т водню на рік. Постачання водню планується здійснювати

через газопровід відповідно до планів розвитку європейської водневої інфраструктури. Проекти планують реалізувати поетапно з можливим початком виробництва в 2027 році.

Вся територія України може бути використана для реалізації інноваційних проектів у водневій галузі. Науковці Інституту відновлюваної енергетики НАН України дослідили потенціал відновлюваних джерел енергії України. Результати досліджень, які опубліковані в «Атласі енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України» [3], засвідчили наявність значних показників технічного потенціалу відновлюваних джерел у порівнянні з іншими Європейськими країнами, зокрема сонячних, вітрових та водневих ресурсів.

За результатами досліджень, теоретична встановлена потужність сонячних електростанцій на території України може досягти 83 000 МВт з очікуваним річним виробітком електричної енергії на рівні 100 млрд кВт·год/рік. Станом на кінець 2021 року частка сонячних електростанцій становила 6226 МВт, або 11,1 % загальної встановленої потужності ОЕС України відповідно до загальних даних Національної енергетичної компанії «Укренерго» [4].

Технічно досяжний потенціал офшорної вітроенергетики на мілководних територіях великих акваторій – Азовського та Чорного морів, затоки Сиваш, водосховищ Дніпровського каскаду ГЕС, лиманів також достатньо високий [3, 5]. Потенціал офшорних ВЕС на території України становить майже 250 ГВт. Враховуючи реальний середній коефіцієнт встановленої потужності для офшорних ВЕС України (0,45), відповідний річний виробіток електроенергії становитиме 984 млрд кВт·год, що ушестеро перевищує річне поточне споживання електроенергії в Україні. На сьогодні на території України встановлено 1529 МВт вітрових електростанцій, на офшорі станції відсутні. Динаміка зростання потужностей невисока у зв'язку з необхідністю значних капіталовкладень та відносно великої кількості часу на реалізацію проекту (2-3 роки від початку будівельних робіт, більше 5 років з урахуванням розроблення проекту). Законодавство України також не передбачає встановлення вітроелектростанцій в офшорі, що унеможливує розвиток галузі. Мають бути прийняті нові правила будівництва та обслуговування стаціонарних і плавучих вітрових турбін, приєднання до електромережі, прокладання кабелю, будівництво морських і берегових підстанцій [5].

Теоретично досяжний потенціал середньорічного виробітку зеленого водню становить 505 млрд Hm^3 або 45 млн т палива, з якого офшорним вітроелектростанціям відводять 219 млрд Hm^3 (рисунок). Видобування водню передбачає нульовий викид вуглецю при електролізі, водень може бути транспортований на великі відстані між країнами без вагомих втрат і дозволяє зберігати енергію протягом тривалого періоду часу.

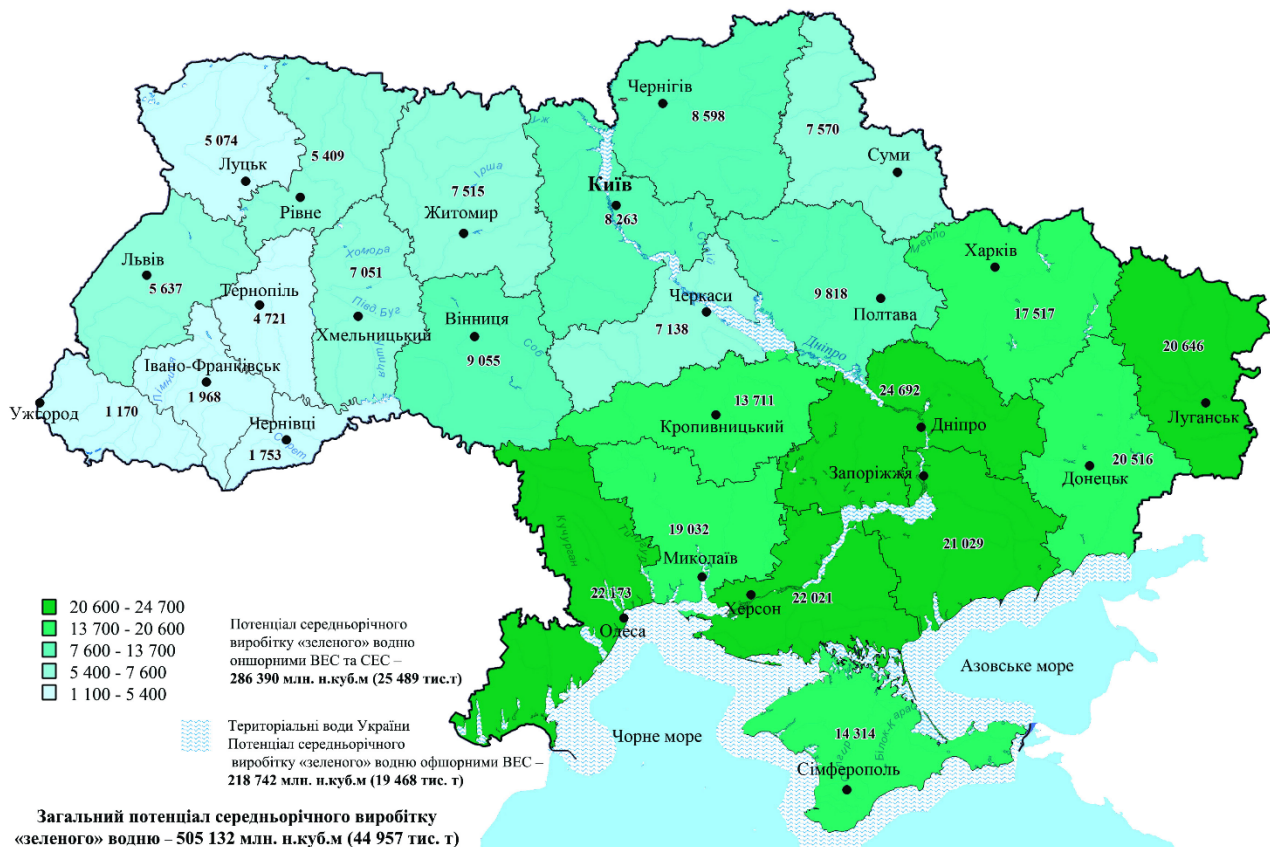


Рисунок. Розподіл потенційного середньорічного виробітку зеленого водню за областями України, млн н. куб. м [3]

Figure. Distribution of potential average annual production of "green" hydrogen by regions of Ukraine, mln. Nm³[3]

Енергетичний ринок України наразі перебуває на шляху повного реформування та максимально зорієнтований на налагодження зв'язків з європейським ринком для імпорту та експорту електроенергії. Вагомим поштовхом до цього, через початок російського агресивного нападу, була необхідність відмови від імпорту електричної енергії з Білорусі та Росії.

Озираючись на проміжні результати реформування енергетичного ринку України, можна прослідкувати практично повне зупинення розвитку галузі відновлюваної енергетики, на яку суттєво вплинули зміни законодавства, низка політичних рішень, нестабільність енергопостачання й загальної ситуації в країні, зниження вартості електроенергії та запровадження штрафних санкцій. Об'єкти відновлюваної енергетики зазнають непередбаченого обмеження генерації в механічному режимі від оператора енергетичної системи через наявний великий дисбаланс на ринку.

Подальший розвиток галузі відновлюваної енергетики можливий за умови створення регульованих потужностей, будівництва промислових енергетичних акумулювальних потужностей з метою стабілізації відпуску електроенергії до об'єднаної електричної мережі й формування коректної державної політики. Регульовані потужності допоможуть вирішити питання надлишку електроенергії в години профіциту на ринку, стабілізувати ситуацію в години дефіциту, відмовитись від імпорту

електроенергії з інших країн та сформувати ринок експорту української електроенергії в європейські країни. З урахуванням міжнародної підтримки водень може слугувати необхідним буфером і забезпечити стійкість загальної енергетичної системи України.

Враховуючи високий технічний потенціал відновлюваної енергетики на території України, перспективи розвитку, можливість створення привабливого інвестиційного осередку, направлено на відновлення енергетичної інфраструктури та започаткування водневої енергетики, в подальших дослідженнях запропоновано розробити проєкт сонячно-вітро-водневої станції. Пріоритетним напрямом дослідження в межах проєкту вибрано комплексне використання автономних електростанцій, що використовують відновлювані джерела енергії для виробництва водню методом електролізу з подальшим постачанням на європейський ринок відновлюваних газів за допомогою трубопроводів.

Висновки. Аналіз засвідчив високий попит на водень в європейських країнах та спроможність швидкого розвитку й відбудови України як головного партнера в реалізації комплексних інвестиційних проєктів відновлюваної енергетики. Міжнародні партнери чекають на сформовані пропозиції щодо створення водневої інфраструктури на території України, спрямованої на виробництво зеленого водню, підвищення енергетичної безпеки та зменшення впливу на довкілля.

ПОСИЛАННЯ

1. A European Green deal [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-andpolicy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
2. International action on climate change [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/internationalaction-climate-change/climate-negotiations/parisagreement_en.
3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.
4. Встановлена потужність енергосистеми України [Електронний ресурс]. <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/>
5. Біла книга 2021. Офшорна вітроенергетика та «зелений» водень: відкриття нових меж енергетичної потужності України Київ, 2021. 16 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/2_5438583199909284286.pdf
6. Репкін О. Міжнародна дипломатія з водневої енергетики/ Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті : XXIV міжнар. конф., 18-19 травня 2023 р. : тези доп. м. Київ, 2023. С. 287–288/

REFERENCE

1. A European Green deal [Elektronnyj resurs]. URL: https://commission.europa.eu/strategy-andpolicy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
2. International action on climate change [Elektronnyj resurs]. URL: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/internationalaction-climate-change/climate-negotiations/parisagreement_en.
3. Atlas of energy potential of renewable energy sources of Ukraine / edited by S. O. Kudri. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2020. 82 p.
4. The tension of the energy system of Ukraine has been established [Elektronnyj resurs]. URL: <https://ua.energy/vstanovlena-potuzhnist-energosityemy-ukrayiny/>
5. White Paper 2021. Offshore Wind Energy and Green Hydrogen: Opening New Frontiers of Ukraine's Energy Capacity. Kyiv, 2021. 16 p. [Elektronnyj resurs]. URL: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/2_5438583199909284286.pdf
6. Repkin O. International diplomacy from water energy // Discovered energy and energy efficiency in the XXI century: XXIV International. conf., May 18-19, 2023: abstracts additional. Kiev, 2023. Pp. 287–288.