

УДК 330.332:338.2

DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2024-8-4>**Смельяненко Л.М.**

доктор економічних наук, доцент,  
професор кафедри економічної теорії,  
Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6611-5228>

**Larysa Yemelianenko**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

**Дмітрієва О.В.**

аспірант кафедри економічної теорії,  
Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9274-4720>

**Oksana Dmitrieva**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

## КОНТЕНТ-АНАЛІЗ СТРАТЕГІЧНИХ ІНІЦІАТИВ РОЗВИТКУ ВОДНЕВОЇ ЕКОНОМІКИ РІЗНИХ КРАЇН СВІТУ ТА УКРАЇНИ

### CONTENT ANALYSIS OF STRATEGIC INITIATIVES FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ECONOMY IN DIFFERENT COUNTRIES OF THE WORLD AND UKRAINE

**Анотація.** У статті розглянуто актуальні питання стратегічних пріоритетів вирішення глобальних проблем подолання геополітичних та енергетичних криз шляхом зниження енергозалежності через розвиток альтернативної енергетики. Зелений водень розглядається як одне з перспективних рішень для досягнення цілей декарбонізації економіки, сприяння розвитку відновлюваних джерел енергії, підвищення гнучкості енергетичної системи та забезпечення енергетичної безпеки країн. Встановлено, що перехід до зеленої водневої економіки був закріплений європейською Водневою стратегією, яка є складовою правового підґрунтя Європейського зеленого курсу, загальною метою якого зробити Європу кліматично нейтральною до 2050 року. Синхронізуючи свою політику з ЄС, Україна також має намір досягти кліматичної нейтральності. Авторами проведено контент-аналіз стратегічних ініціатив розвитку водневої економіки в різних країнах світу та в Україні. Розглянуто основні напрями водневої політики, програми та проекти, що реалізуються на державному рівні, а також визначено ключові фактори, які впливають на розвиток водневої економіки. Особливу увагу приділено порівнянню національних стратегій з фокусом на Україну та аналізу викликів і перспектив розвитку водневої енергетики в сучасних умовах. Доведено, що територія України може стати майданчиком для виробництва водню не тільки для власних потреб у чистій енергії, але й для експорту на ринок Євросоюзу. Визначено, що розвиток водневої галузі в Україні потребує передусім державної підтримки у вигляді гармонізованого з європейськими нормами законодавства. Підкреслено, що розвиток водневої енергетики виступає необхідним елементом післявоєнного відновлення країни, що має відбуватися з урахуванням принципів «зеленої» економіки, при цьому позиціонування України у новій світовій водневій економіці має враховувати насамперед національні інтереси.

**Ключові слова:** водень, відновлювальні джерела енергії, альтернативна енергетика, воднева економіка, стратегічні ініціативи, водневий ринок, міжнародне партнерство.

**Abstract.** The article deals with topical issues of strategic priorities for solving global problems of overcoming geopolitical and energy crises by reducing energy dependence through the development of alternative energy. Green hydrogen is considered as one of the promising solutions for achieving the goals of decarbonization of the economy, promoting the development of renewable energy sources, increasing the flexibility of the energy system and ensuring the energy security of countries. It found that the transition to a green hydrogen economy was enshrined in the European Hydrogen Strategy, which is part of the legal framework for the European Green Deal, which aims to make Europe climate neutral by 2050. By synchronizing its policies with the EU, Ukraine also intends to achieve climate neutrality. The authors conducted a content analysis of strategic initiatives for the development of the hydrogen economy in various countries of the world and in Ukraine. The main directions of hydrogen policy, programs and projects implemented at the state level are considered, and key factors affecting the development of the hydrogen economy are also determined. Special attention is paid to the comparison of national strategies with an emphasis on Ukraine and the analysis of challenges and prospects for the development of hydrogen energy in modern conditions. It has been proven that the territory of Ukraine can become a platform for the production of hydrogen not only for its own needs in clean energy, but also for export to the European Union market. It was determined that the development of the hydrogen industry in Ukraine primarily requires state support in the form of legislation harmonized with European standards. It is emphasized that the development of hydrogen energy is a necessary element of the post-war recovery of the country, which must take place taking into account the principles of the "green" economy, and the positioning of Ukraine in the new global hydrogen economy must first of all take into account national interests.

**Keywords:** hydrogen, renewable energy sources, alternative energy, hydrogen economy, strategic initiatives, hydrogen market, international partnership.

**Постановка проблеми.** В останні десятиліття глобальний світ зіткнувся з геополітичною та енергетичною кризами, що вимагає пошуку альтернативних відновлюваних джерел енергії. В усьому світі політичні сили розпочали кампанію інвестування та фінансування досліджень, спрямованих на сприяння кліматично безпечному, екологічному переходу до водневої енергетики та декарбонізації економіки.

Енергетика залишається основною темою багатьох суспільних, політичних і економічних дебатів у всіх країнах світу. Протягом десятиліть проблема енергодефіциту не знаходить рішення, а навпаки, лише загострюється через зростання населення, споживання енергії, пришвидшену урбанізацію та політичні кризи. В урядів сучасних країн постає ще більше викликів у сфері енергетики, ніж було приблизно десятиріччя чи два тому.

Воднева економіка виступає стратегічним пріоритетом забезпечення енергетичної безпеки та зниження вуглецевих викидів у світі. У багатьох країнах водень стратегічно оцінюється як один з основних інструментів для переходу до кліматично нейтральної економіки. Різні країни розробляють національні стратегії та програми для розвитку водневих технологій, що передбачають стимулювання виробництва, зберігання, транспортування та використання водню як палива. Важливою складовою цього процесу є створення відповідної інфраструктури та нормативної бази для підтримки інноваційних водневих технологій.

Останніми роками водень визнано альтернативним енергоносієм завдяки його потенціалу вирішення проблем зміни клімату, забруднення повітря та енергетичної безпеки. Зокрема, інтерес наукової спільноти зосереджений на зеленому водні, який можна виробляти шляхом електролізу води за допомогою відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова та гідроенергія.

Використання відновлюваних джерел енергії, таких як енергія вітру та сонця, для виробництва зеленого водню, який є воднем, що лежить в основі водневої економіки, знаходиться на ранніх стадіях. Проте, слід зауважити, що станом на 2023 р. 17 урядів опублікували водневі стратегії та понад 20 оголосили, що працюють над розробкою водневих стратегій. Незважаючи на багато труднощів і викликів, потенціал ринку «зеленого водню» в стратегічній перспективі незаперечний, що фактично демонструється через здатність «зеленого» водню зменшувати викиди в багатьох галузях, таких як промисловість, транспорт, енергетичні системи та будівлі. Зелений водень має потенціал для прискорення розвитку відновлюваних джерел енергії, забезпечуючи при цьому гнучкість енергетичної системи. Крім того, зелений водень допомагає довгостроково зберігати енергію, щоб зрівноважити диспропорцію енергії протягом сезонів. Усвідомлюючи цей великий потенціал, урядові установи в Європі, США, Китаї, Японії, а також наукові та дослідницькі установи і підприємства запустили свої стратегічні плани щодо водню, щоб поступово побудувати ефективну та стійку водневу економіку.

Україна також прагне долучитися до світових тенденцій розвитку водневої економіки. Уряд України розробляє національну водневу стратегію, яка передбачає розвиток водневих технологій з метою зміцнення енергетичної незалежності та досягнення екологічних

цілей. Водночас, перед країною постають численні виклики, пов'язані з обмеженими фінансовими ресурсами, недостатньо розвинутою інфраструктурою та відсутністю досвіду у впровадженні водневих технологій. Саме тому вкрай актуальними є дослідження світових трендів розбудови водневої економіки з врахуванням національної специфіки реалізації її стратегічних ініціатив.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні та практичні аспекти, пов'язані з виробництвом водню як енергоносія, використанням відновлювальних джерел енергії та розвитком водневої економіки, були предметом досліджень таких українських науковців, як С. Кудря [1], О. Зеленько [2], Т. Гуцан, І. Осьмірко [3], Репкін [4], М. Табахарнюк [5], О. Шрайбер, В. Дубровський, І. Тесленко [6] та ін. З-поміж іноземних дослідників водневих технологій та можливостей переходу до водневої економіки можемо виділити: К. Appunn [7; 8], E. Bellini [9], Brandon N., Kurban Z. [10], R. Dierman [11], S. Vorrath [14], B. Matich [22] та ін.

Значний інтерес науковців засвідчує різносторонність досліджуваної проблеми та зумовлює необхідність дослідження можливостей формування водневої економіки у сучасному світі.

**Метою статті** є дослідження на основі контент-аналізу стратегічних ініціатив та національних підходів до розвитку водневої економіки в країнах світу для виявлення перспектив України у цій сфері в контексті дотримання вимог європейських стандартів та міжнародного партнерства.

**Виклад основного матеріалу.** «Воднева економіка» як феномен вперше був запропонований професором Джоном Бокрісом під час його доповіді у 1970 році в Технічному центрі General Motors [10]. Однак розбудова та розвиток економіки, заснованої на водні, була визнана світовою спільнотою складною через необхідні масштабні інфраструктурні інвестиції. Головним чином це пов'язано з тим, що виклики потрібно було вирішувати одночасно в усіх компонентах водневої економіки: виробництві, зберіганні, транспортуванні та розповсюдженні.

В сучасних умовах глобалізаційних викликів водень як екологічне джерело декарбонізації набув особливої актуальності. Конкурентною перевагою водню є висока енергетична щільність та можливість зберігання енергії довгий час, що дає змогу використовувати його як альтернативне джерело енергії для великих промислових підприємств та міського господарства [5].

До 2050 року прогноз розвитку світової енергетики передбачає, що 12% загального споживання енергії покриватиметься зеленим воднем. Розмір ринку світового виробництва та використання водню оцінено в 158,8 мільярдів доларів США в 2023 р. та, за оцінками, сягне 257 мільярдів доларів США в 2028 р., таким чином, зростаючи з річним темпом зростання на 10,2% [11].

У сучасних умовах використання водню як потенційної альтернативи вичерпаному вуглецевому паливу стає важливою темою обговорень в енергетичній сфері та розглядається як один із ключових каталізаторів енергетичної трансформації в напрямку сталого розвитку суспільства з інтенсивним застосуванням відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). Серед основних факторів, що стимулюють таку трансформацію, дедалі

частіше виділяються дві технології – накопичення енергії та водень, які здатні забезпечити необхідне зберігання енергії, отриманої з ВДЕ стохастичного характеру, таких як сонце і вітер. У різних галузях ці дві технології можуть ефективно взаємодоповнювати одна одну. Якщо водень виявиться більш економічно вигідним порівняно з іншими технологічними рішеннями в таких сферах, як зберігання енергії, високотемпературні промислові процеси, важкий автомобільний транспорт, морські перевезення та авіація, він може стати пріоритетним вибором [2, с. 65]. Водень також набуває нового політичного значення на міжнародній арені: понад 30 країн світу вже розробили свої національні водневі стратегії. Перспективи рентабельного «зеленого» водню з нульовими викидами визначаються активним впровадженням ВДЕ. Найбільші світові економіки готують «зелені» інвестиції для прискорення розвитку цих технологій. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) зазначило, що технологія «зеленого» водню «готова до масштабного впровадження» і закликала уряди спрямувати інвестиції в розвиток водневої економіки [1, с. 112].

Найбільш життєздатні ринки для виробництва екологічно чистого водню знаходяться в регіонах з багатими та дешевими відновлюваними джерелами енергії. У таких регіонах, як Близький Схід, Африка, США чи Австралія, наприклад, «зелений» водень можна виробляти за ціною приблизно від 3 до 5 євро/кг, тоді як у Європі він коштує від 3 до 8 євро/кг [12].

Міжнародне агентство Bloomberg NEF (BNEF) у своєму дослідженні «Воднева економіка: багатообіцяючий шлях до декарбонізації» прогнозує, що «зелений» водень може забезпечити чверть кінцевого споживання енергії на Землі до 2050 р. За результатами дослідження також прогнозовано, що до 2050 р. поновлюваний водень можливо буде виробляти в більшості регіонів світу за 0,8–1,6 дол. США за кг [14].

У 2019–2020 рр. Європейська Комісія представила три стратегічних документи, направлених на суттєве підвищення ефективності використання ресурсів, боротьбу з глобальним потеплінням, скорочення забруднення, що охоплює всі сектори економіки – транспорт, енергетику, промисловість, сільське господарство, будівництво тощо:

1. Європейський зелений курс (The European Green Deal), метою якого є перетворення Європи до 2050 року на перший кліматично нейтральний континент;

2. Стратегія ЄС з інтеграції енергетичної системи (EU Strategy for Energy System Integration), направлена на підвищення енергоефективності економіки ЄС за рахунок створення інтегральної системи енергозабезпечення, яка об'єднує в єдине ціле різні джерела енергії, інфраструктуру, споживачів і передбачає широке і ефективне використання місцевих джерел енергії, а також ширше застосування електроенергії;

3. Воднева стратегія ЄС (EU Hydrogen Strategy), яка передбачає широке використання водню як енергоносія для тих галузей, які не можна електрифікувати, і має на меті доведення до нуля викидів вуглекислого газу промисловими об'єктами, транспортом, енергетикою, будівництвом тощо.

Для проведення контент-аналізу стратегічних ініціатив нами було використано офіційні документи, стратегічні плани та програми розвитку водневої еко-

номіки різних країн, а також аналітичні звіти міжнародних організацій, таких як Міжнародне енергетичне агентство (IEA) та Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA) [16]. Воднева економіка є ключовим компонентом майбутнього енергетичного переходу до екологічно чистих джерел енергії. Уряди різних країн та регіонів інвестують значні ресурси у розвиток водневих технологій як засобу декарбонізації своїх економік, зменшення залежності від викопного палива та підвищення енергетичної безпеки. Проаналізуємо особливості розвитку водневої економіки в різних країнах світу, зокрема Німеччині, Франції, Данії, Італії, Австралії, Нідерландах та Японії, а також основні технологічні, політичні та економічні аспекти їх стратегій [5, с. 203].

Німеччина займає провідну позицію в розвитку водневої економіки в Європі. Національна воднева стратегія (Nationale Wasserstoffstrategie), розроблена Міністерством економіки та енергетики Німеччини, визначає збільшення виробництва і використання водню як один з головних заходів щодо скорочення викидів парникових газів. До 2030 року країна планує створити промислові потужності для виробництва водню загальною потужністю 5 ГВт, а до 2040 року – до 10 ГВт [20].

Німеччина також виділить 7 млрд євро на розвиток водневих технологій та 2 млрд євро на створення великих водневих заводів у країнах-партнерах. Планується перепрофілювати частину існуючих газопроводів для транспортування водню. У межах цієї стратегії важливою передумовою успішного енергетичного переходу є модернізація газової мережі для використання водню. Німецькі компанії, такі як Uniper, Siemens та Linde, активно працюють над переоснащенням своїх енергетичних установок для використання «зеленого» водню, що підкреслює прагнення країни до декарбонізації енергетичного сектору [6].

Франція також приділяє велику увагу розвитку водневої економіки. У межах своєї водневої стратегії, країна виділила 7 млрд євро на створення до 2030 року водневих потужностей загальною потужністю 6,5 ГВт. Генеруюча компанія EDF заснувала Hynamics, яка буде відповідати за розвиток водневої інфраструктури, з використанням електроенергії, виробленої 58 атомними енергоблоками, а також відновлюваних джерел енергії. Це підкреслює прагнення Франції інтегрувати водень як частину своєї стратегії сталого розвитку, використовуючи наявний ядерний потенціал для виробництва «зеленого» водню [10].

Данія, відома своїм лідерством у розвитку офшорних вітроелектростанцій, планує до 2025 року інвестувати 30 млрд доларів США у проекти, спрямовані на використання вітрової енергії для виробництва водневого палива. Компанія Ørsted працює над прибережним пілотним проектом з електролізером мегаватного масштабу, який буде інтегровано з морською вітряною турбіною. Цей проект також включає процеси опріснення та очищення води, що дозволяє використовувати морську воду для електролізу, тим самим знижуючи залежність від прісної води [18].

В Італії енергетичні компанії Enel та Eni працюють над двома проектами, спрямованими на виробництво «зеленого» водню з використанням електролізерів, що працюють на відновлюваних джерелах енергії.

Проекти передбачають встановлення електролізерів потужністю близько 10 МВт біля двох нафтопереробних заводів, що дозволяє уникнути додаткових витрат на транспортну інфраструктуру для переміщення водню. Це свідчить про прагнення Італії використовувати існуючі промислові майданчики для розвитку водневої економіки [23].

Австралія має великий потенціал для розвитку водневої економіки завдяки значним ресурсам відновлюваних джерел енергії. Проекти, такі як ініціатива компанії Infinite Blue Energy вартістю 300 млн доларів США, спрямовані на створення найбільшого заводу з виробництва водню, потужністю 25 тон «зеленого» водню на добу. Також Азіатський центр відновлюваної енергії (AREN) планує використовувати до 23 ГВт потужностей ВДЕ для виробництва водню з морської води, прогнозуючи вартість водню нижче 2 доларів США за кілограм, що робить його конкурентоспроможним [8].

Нідерланди розробили план розвитку водневої енергетики до 2030 року вартістю 2,8 млрд євро, який включає 33 інвестиційні проекти. Передбачається збільшення потужностей для електролізу води до гігаватного рівня, будівництво підземного водневого сховища в соляних печерах та розроблення «водневих» вітрових турбін з вбудованими електролізерами. Такі плани відображають прагнення країни до інтеграції водню у свою енергетичну систему [13].

Японія, спільно з Австралією, здійснює значні кроки для створення глобальної водневої економіки. У 2020 році японська компанія Kawasaki Heavy Industries спустила на воду перше в світі судно Suiso Frontier для транспортування зрідженого водню, охолодженого до  $-253^{\circ}\text{C}$ . Цей проект є важливою віхою у глобальній торгівлі воднем і свідчить про прагнення Японії використовувати водень як ключовий елемент у своїй енергетичній політиці [4].

До 2050 року від 300 до 800 ТВт-год електроенергії, виробленої в ЄС з використанням ВДЕ, буде спрямовано на роботу електролізерів для перетворення її на водень (power-to-gas). За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), додавання лише 20% водню в європейську газову мережу може призвести до щорічного скорочення викидів  $\text{CO}_2$  на 60 млн тонн [1]. Лише відновлювані джерела енергії (ВДЕ) здатні забезпечити стабільний розвиток водневої економіки. Масштабне виробництво водню значно підвищує попит на електроенергію, отриману з ВДЕ. Для досягнення цілей Європейського Союзу щодо зменшення викидів  $\text{CO}_2$  на 55% до 2030 року (порівняно з рівнем 1990 року) необхідно розширити впровадження водневих технологій та прискорити темпи зростання використання ВДЕ. На сьогоднішній день високий попит на водень спостерігається в металургійній, аміачній, хімічній та нафтопереробній промисловості, де існує необхідність у створенні інноваційної водневої інфраструктури. Крім того, очікується суттєвий потенціал використання водню в транспортному секторі у 2030-х і 2040-х роках, особливо для важковантажних комерційних транспортних засобів, а також як заміника природного газу [7].

В таблиці 1 представлено стратегіями (визначальні аспекти розвитку) водневої економіки в різних країнах за ключовими критеріями її розбудови (національні

стратегії, інвестиції, виробництво та використання водню, технологічні досягнення). Країни обирають різні стратегічні підходи до розвитку водневої економіки. Наприклад, Німеччина і Японія приділяють велику увагу транспорту та енергетиці, тоді як США та Китай зосереджуються на промисловості та зменшенні викидів. Китай, США та Японія інвестують значні суми в розвиток водневої інфраструктури, що дозволяє їм лідувати в цьому напрямку. Китай є лідером у виробництві водню, тоді як Німеччина активно розвиває інфраструктуру для зеленого водню. Кожна країна фокусується на певних технологічних розробках, як-от водневі паливні елементи для автомобілів і вантажівок (США), водневі заправні станції (Німеччина), або інфраструктура для експорту водню (Австралія).

У розвинутих країнах, таких як Німеччина, Японія, Південна Корея та Австралія, стратегічні ініціативи розвитку водневої економіки передбачають інвестування значних ресурсів у дослідження та розробки, створення водневої інфраструктури, а також стимулювання приватного сектора до впровадження інновацій. Наприклад, Німеччина вже затвердила національну водневу стратегію, яка передбачає інвестування понад 9 мільярдів євро у розвиток водневих технологій до 2030 року. Японія та Південна Корея активно розвивають водневі автомобілі та планують створення національної мережі водневих заправних станцій [11].

Німеччина фокусується на інвестиціях у дослідження та інфраструктуру, що включає будівництво водневих електролізерів і розширення інфраструктури для підтримки водневої економіки. Німеччина планує збільшити виробництво «зеленого» водню до 5 ГВт. Це допоможе забезпечити країну чистим воднем для промисловості та транспорту, сприяючи досягненню кліматичних цілей. Японія зосереджена на розвитку водневого транспорту та створенні інфраструктури для водневих заправних станцій. Це включає розширення мережі водневих заправок і підтримку виробництва водневих автомобілів. Японія планує створити 200 водневих заправок та досягти 800 тисяч водневих автомобілів. Це має на меті сприяти популяризації водневого транспорту та зниженню викидів  $\text{CO}_2$  [12]. Австралія фокусується на розвитку експорту водню, включаючи розробку технологій для ефективного виробництва та транспортування водню. Австралія має намір збільшити експорт водню до 10 млрд доларів. Це допоможе країні стати провідним постачальником водню на світовому ринку, використовуючи свої природні ресурси та технологічний потенціал. Наведені ініціативи демонструють різні підходи до розвитку водневої економіки в залежності від специфіки кожної країни, що включає як внутрішнє споживання, так і міжнародний експорт водню [15].

Основні стратегічні ініціативи розвитку водневої економіки різних країн наведені у табл. 2.

Розвиток водневої економіки стає ключовим елементом стратегій багатьох країн, що прагнуть до декарбонізації своїх економік та зменшення залежності від викопного палива. Хоча підходи і темпи розвитку водневої інфраструктури різняться, спільною метою є створення стійкої та конкурентоспроможної енергетичної системи, заснованої на використанні водню як екологічно чистого джерела енергії. Міжнародне співробітництво та інвестиції у водневі технології є ключо-

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз стратегем та критеріїв розбудови водневої економіки в Україні та інших країнах світу за 2021–2023 роки

Країна	Стратегема	Інвестиції (млрдUSD)	Виробництво водню (тис. т на рік)	Використання водню	Технологічні досягнення
Україна	Національна стратегія до 2035 року	0,5	30	Переважно в промисловості (металургія, хімічна промисловість)	Впровадження технологій водневих паливних елементів
Німеччина	Воднева стратегія 2020 року. План розвитку до 2030 року	9,0	2000	Транспорт, енергетика, промисловість	Впровадження водневих заправних станцій, розробка зеленого водню
Японія	Стратегія водневої економіки з акцентом на транспорт та енергетику	10,0	1200	Транспорт (водневі автомобілі, автобуси), енергетика (водневі ТЕЦ)	Розробка водневих паливних елементів, запуск великих проєктів водневої енергетики
США	Включена в стратегію зменшення викидів парникових газів	12,0	1800	Транспорт, промисловість, зберігання енергії	Активна розробка технологій водневих паливних елементів для автомобілів і вантажівок
Китай	План розвитку водневої економіки з акцентом на декарбонізацію	17,0	2500	Промисловість, транспорт (водневі автобуси, вантажівки)	Масове виробництво водню, створення великої кількості заправних станцій
Франція	Воднева стратегія з акцентом на енергетичний перехід та транспорт	7,0	1000	Транспорт, енергетика	Розробка та впровадження водневих паливних елементів для громадського транспорту
Австралія	Стратегія розвитку водневої економіки до 2030 року	3,0	800	Енергетика, транспорт (водневі поїзди)	Впровадження інфраструктури для виробництва та експорту зеленого водню
Південна Корея	Стратегія розвитку до 2040 року, план виробництва 6 млн. т водню	11,0	1500	Транспорт, енергетика, промисловість	Розробка водневих паливних елементів, запуск водневих електростанцій

Джерело: складено авторами на основі [16; 21; 26]

вими факторами успішного розвитку цієї галузі у майбутньому [25].

Обсяги залучення інвестицій у розвиток водневої економіки та результати запровадження водневих проєктів суттєво відрізняються по країнам (рис. 1). США та Китай є лідерами за загальним обсягом інвестицій у водневі проєкти. Німеччина і Японія також мають значний рівень інвестицій, відповідно 11,2 млрд USD і 9,3 млрд USD. Це свідчить про активну участь цих країн у розвитку водневої економіки, але з меншими обсягами в порівнянні з США і Китаєм.

Україна має найменші обсяги інвестицій у водневу економіку – 0,5 млрд USD. Це вказує на те, що розвиток водневої економіки знаходиться на початковому етапі або потребує додаткових стимулів для залучення більшого обсягу інвестицій. Державне фінансування є суттєвою частиною інвестицій у всіх країнах. Китай має найбільшу кількість водневих проєктів (40), що підтверджує його провідну роль у розвитку водневої економіки. США також активно розвивають водневі проєкти (38 проєктів), що свідчить про масштабні інвестиції у дану галузь. Німеччина і Японія мають меншу кількість проєктів (22 і 29 відповідно), що може відображати більш зосереджений підхід до розвитку конкретних напрямків водневої економіки. Україна має лише 5 проєктів, що вказує на початковий етап розвитку водневої економіки в країні.

Результативність розвитку водневої економіки в різних країнах доцільно оцінювати за цільовими індикаторами (рис. 2).

Китай є найбільш амбітною країною в планах розвитку водневої економіки, демонструючи найвищі показники за всіма критеріями. США активно підтримують розвиток водневих технологій, зосереджуючись на значному виробництві водню і скороченні викидів. Німеччина та Японія обрали більш зважений підхід, що передбачає значний розвиток інфраструктури та помірне скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Україна знаходиться на початковому етапі розвитку водневої економіки, і її цілі вказують на потребу в залученні додаткових ресурсів і інвестицій для досягнення більш амбітних показників. Ключові водневі проєкти та їх вплив на економіку за 2021–2023 рр. (табл. 3).

Китай і США є лідерами в інвестиціях і потенціалі виробництва водню, що підкреслює їхні амбітні плани в розвитку водневої економіки. Вони мають значний вплив на глобальний ринок водню та економіку. Німеччина і Японія демонструють помірний рівень інвестицій і потенціалу, але їхні проєкти є важливими для їхніх національних стратегій у галузі відновлюваної енергетики. Україна знаходиться на початковій стадії розвитку водневої економіки і потребує значних додаткових інвестицій та підтримки для досягнення більш амбітних цілей у цій сфері.

Таблиця 2 – Стратегічні ініціативи розвитку водневої економіки країн світу

Країна	Стратегічні ініціативи	Цілі	Термін реалізації
Німеччина	1. Впровадження водневих паливних елементів у транспорт. 2. Підтримка проєктів з виробництва зеленого водню. 3. Створення водневої інфраструктури.	1. Скорочення викидів CO <sub>2</sub> на 80% до 2050 року. 2. Збільшення частки зеленого водню у енергетичному секторі до 2030 року.	2020–2050
Японія	1. Розробка водневих паливних елементів для автомобілів і громадського транспорту. 2. Запуск водневих ТЕЦ.	1. Скорочення залежності від викопного палива. 2. Перехід на використання водню в транспортному секторі до 2030 року.	2017–2030
США	1. Підтримка досліджень і розробок у сфері водневих технологій. 2. Стимулювання інвестицій у водневу інфраструктуру.	1. Зменшення викидів CO <sub>2</sub> на 50% до 2030 року. 2. Створення водневих хабів по всій країні.	2021–2035
Китай	1. Розширення виробництва та споживання водню в промисловості. 2. Створення мережі водневих заправок. 3. Інтеграція водню в енергосистему.	1. Скорочення викидів парникових газів на 60% до 2035 року. 2. Масове впровадження водневих транспортних засобів.	2020–2040
Франція	1. Стимулювання виробництва зеленого водню. 2. Розвиток водневого транспорту. 3. Підтримка водневих проєктів на рівні ЄС.	1. Зниження викидів CO <sub>2</sub> на 70% до 2050 року. 2. Використання водню як ключового джерела енергії.	2021–2050
Австралія	1. Інвестиції в інфраструктуру для виробництва зеленого водню. 2. Розвиток експорту водню до країн Азії та Європи.	1. Досягнення статусу одного з найбільших експортерів зеленого водню до 2030 року. 2. Створення нових робочих місць.	2020–2030
Південна Корея	1. Впровадження водневих електростанцій. 2. Розробка водневих транспортних засобів. 3. Підтримка досліджень у сфері водню.	1. Створення 200 тисяч робочих місць у водневій галузі до 2040 року. 2. Досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року.	2019–2040
Україна	1. Розробка національної стратегії розвитку водневої економіки. 2. Створення інфраструктури для виробництва та транспортування водню.	1. Зменшення залежності від імпортованих енергоносіїв. 2. Інтеграція в європейську водневу економіку.	2021–2035

Джерело: складено авторами на основі [17; 20]

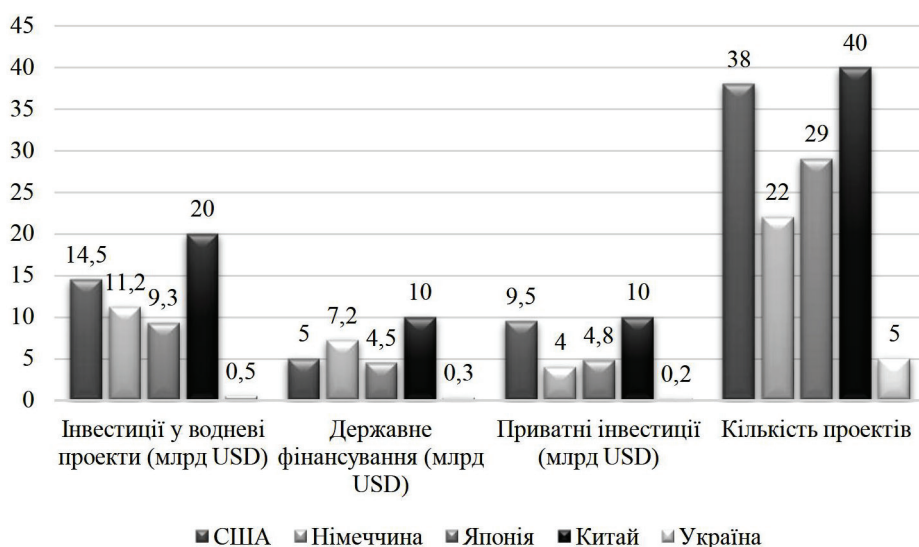


Рисунок 1 – Цільове інвестування розвитку водневої економіки за 2021–2023 рр.

Джерело: складено авторами на основі [20; 23; 26]

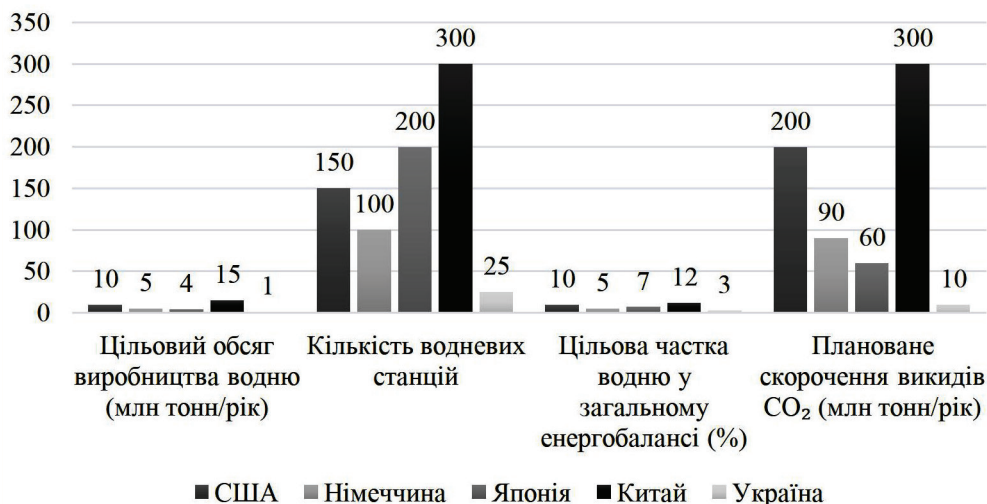


Рисунок 2 – Цільові індикатори розвитку водневої економіки до 2030 року

Джерело: складено авторами на основі [17; 22; 26]

Таблиця 3 – Ключові водневі проекти та їх вплив на економіку за 2021–2023 рр.

Країна	Проект	Рік запуску	Інвестиції (млрд USD)	Потенціал виробництва водню (тис. т/рік)	Створення робочих місць
США	Green Hydrogen Initiative	2022	4,0	500	5000
Німеччина	National Hydrogen Strategy	2021	2,5	200	2500
Японія	Fukushima Hydrogen Project	2021	1,8	150	1800
Китай	Hebei Hydrogen Energy Project	2023	5,5	700	8000
Україна	Hydrogen Valley Ukraine	2023	0,2	50	300

Джерело: складено авторами на основі [5; 20; 26]

Воднева економіка активно розвивається в усьому світі, і водень, вироблений методом електролізу з використанням вітрової або сонячної енергії, має перспективи для широкого застосування в різних сферах економічної діяльності. Для зменшення викидів парникових газів, насамперед двоокису вуглецю, країни все більше орієнтуються на використання «зеленого» водню як кліматично нейтрального джерела енергії та активно розробляють національні водневі стратегії. За прогнозами експертів, до 2050 року попит на водень в Європі може зрости вісім разів порівняно з 2020 роком, досягнувши 2500 ТВт·год на рік [24].

Державна підтримка в країнах виступає значним стимулом розвитку водневої економіки (табл. 4). Китай і США мають найвищі рівні державної підтримки, включаючи субсидії та інфраструктурні інвестиції, що допомагає їм бути лідерами у розвитку водневої економіки. Німеччина також проявляє сильну підтримку через субсидії і пільгові кредити, разом з амбітними цілями щодо скорочення викидів. Японія акцентує увагу на інноваціях у сфері досліджень і розробок, що підтримує її водневу економіку. Україна має обмежені ресурси та цілі, що вказує на початкову стадію розвитку водневої економіки та необхідність значного збіль-

шення інвестицій і державної підтримки для досягнення значущих результатів.

Розвиток водневої економіки в Україні є перспективним напрямком у контексті переходу до відновлюваних джерел енергії та зменшення залежності від викопного палива. Проте, війна, яка розпочалася в 2022 році, значно вплинула на енергетичний сектор країни, зокрема на розвиток водневих технологій. Попри складні умови, Україна продовжує розробляти стратегії розвитку водневої економіки, які можуть допомогти у відновленні та трансформації енергетичного сектору [9].

Війна призвела до значних руйнувань енергетичної інфраструктури України, що створило необхідність відновлення та модернізації енергетичної системи. Одним із ключових напрямків є інтеграція водневих технологій у процес відновлення. Впровадження водневих електролізерів та паливних елементів дозволяє створювати децентралізовані системи виробництва та зберігання енергії, що підвищує стійкість енергетичної інфраструктури до зовнішніх загроз та забезпечує енергетичну безпеку регіонів.

Україна має значний потенціал для виробництва «зеленого» водню завдяки наявності значних ресурсів

Таблиця 4 – Державна підтримка розвитку водневої економіки в різних країнах

Країна	Субсидії на виробництво (млн. USD)	Податкові пільги	Інфраструктурні інвестиції (млрд USD)	Цілі щодо скорочення викидів CO <sub>2</sub> (%)
США	500	Знижка на корпоративний податок	3,0	30
Німеччина	300	Пільговий кредит для інвесторів	2,0	40
Японія	400	Відшкодування витрат на R&D	1,5	20
Китай	700	Податкові знижки для виробників	5,0	25
Україна	20	Пільговий тариф на електроенергію	0,1	10

Джерело: складено авторами на основі [6; 17; 21; 23; 26]

відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як вітрова та сонячна енергія. Попри виклики, пов'язані з війною, Україна може розглядатися як потенційний експортер «зеленого» водню до країн Європейського Союзу (ЄС), які активно розробляють свої водневі стратегії. Відповідно до угоди про асоціацію з ЄС, Україна вже включена до планів ЄС щодо створення спільного водневого ринку, і це створює додаткові можливості для залучення інвестицій у водневі проекти [14].

В умовах війни Україна активно шукає міжнародну підтримку для реалізації водневих проектів. Європейські країни, а також міжнародні організації, такі як Світовий банк та Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), готові інвестувати у розвиток водневої економіки в Україні. Україна вже бере участь у кількох європейських ініціативах та проектах, спрямованих на розвиток водневих технологій. Крім того, в Україні створюються нові механізми залучення приватних інвесторів, зокрема через запровадження спеціальних економічних зон та сприяння залученню «зелених» інвестицій. Це сприяє розвитку інноваційних водневих технологій та залученню нових учасників до цього ринку [19].

Україна наразі розробляє власну національну водневу стратегію, яка передбачає інтеграцію до європейської водневої економіки. Важливим кроком є розробка та реалізація проектів з виробництва «зеленого» водню з використанням відновлюваних джерел енергії, таких як вітрові та сонячні електростанції. Однак, на сьогоднішній день, ключовими викликами залишаються фінансування, розробка інфраструктури та налагодження співпраці з міжнародними партнерами (табл. 5).

Основні напрямки розвитку водневої економіки в Україні включають розвиток виробництва водню, інфраструктуру зберігання та транспортування водню, а також створення нормативно-правової бази для стимулювання водневих інвестицій. Під час війни важливим напрямком є розвиток водневої інфраструктури, включаючи будівництво водневих заправних станцій, сховищ для водню, модернізацію газопроводів для транспортування водню та встановлення водневих електролізерів на підприємствах. Українські науково-дослідні інститути та університети також продовжують дослідження у сфері водневої енергетики, зокрема щодо нових методів зберігання водню, підвищення ефективності його виробництва та транспортування.

Війна в Україні значно ускладнила розвиток водневої економіки, проте країна продовжує шукати можливості для впровадження водневих технологій у своїй енергетичній системі. Інтеграція водню в процес відновлення інфраструктури, розвиток «зеленого» водню для експорту, використання водню в промисловості та

транспорту, залучення міжнародної підтримки і розвиток водневої інфраструктури є основними напрямками розвитку водневої економіки України під час війни. Продовження цих зусиль дозволить Україні зміцнити свою енергетичну незалежність, знизити викиди парникових газів та інтегруватися у європейський водневий ринок [21].

У 2024 році Україна активно розвиває водневу економіку, реалізуючи ряд стратегічних ініціатив і проектів. Основними аспектами цього розвитку є впровадження національних стратегій, інвестиції в інфраструктуру, та дослідження потенціалу водневої енергетики [21] є наступні.

1. Стратегічні ініціативи та плани розвитку водневої економіки України:

- національна воднева стратегія: Україна продовжує реалізацію національної водневої стратегії, що передбачає розвиток водневої економіки як важливого елемента в контексті переходу до сталого розвитку та декарбонізації енергетики. Основна мета стратегії – створення умов для ефективного виробництва, транспортування та використання водню, зокрема «зеленого» водню, отриманого з відновлювальних джерел енергії;

- експертиза потенційних перспектив: в Україні проводяться дослідження щодо оцінювання потенціалу впровадження водневої енергетики. Зокрема, розробляються проекти для визначення найбільш ефективних технологій отримання водню, оптимальних зон для реалізації пілотних проектів, а також можливостей використання водню в промисловості, як засобу зберігання енергії та для експортних потреб.

2. Інвестування та інфраструктурне забезпечення розвитку водневої економіки України:

- інвестиції в інфраструктуру: провідні українські компанії («Нафтогаз» та «Енергоатом») активно інвестують у розвиток водневої інфраструктури, реалізуються проекти з будівництва водневих електролізерів, компресорних станцій та водневих заправних станцій;

- розвиток газотранспортної системи: Україна планує використовувати існуючу газотранспортну систему для транспортування водню. Це дозволить зменшити витрати на створення нової інфраструктури та забезпечити ефективне транспортування водню до країн Європейського Союзу [22].

3. Міжнародне партнерство та експорт у розвитку водневої економіки України:

- співробітництво з Європейським Союзом (ЄС): Україна активізує стратегічно важливі напрями співпраці у сфері водневої енергетики. Одна з основних цілей – інтеграція в європейські водневі коридори, що передбачає використання національної газотранспортної системи для постачання водню в ЄС;



Таблиця 5 – Основні напрямки розвитку водневої економіки в Україні

Напрямок	Змістова характеристика	Цільові показники до 2030 р.
Виробництво «зеленого» водню	Розвиток виробництва водню з використанням відновлюваних джерел енергії (вітрові та сонячні електростанції).	Збільшення потужностей виробництва до 2–5 ГВт.
Інфраструктура зберігання та транспортування	Створення національної інфраструктури для зберігання та транспортування водню (газопроводи, сховища, станції зрідження).	Розширення інфраструктури на 50% від поточних рівнів.
Розвиток водневого транспорту	Впровадження водневих технологій у громадському та приватному транспорті (автобуси, вантажні автомобілі).	Створення не менше 100 водневих заправних станцій.
Нормативно-правова база	Розробка і затвердження законодавчих актів для стимулювання інвестицій у водневі проекти, субсидування виробництва та використання водню.	Прийняття національної водневої стратегії.
Наукові дослідження та інновації	Фінансування досліджень і розробок у галузі водневих технологій; співпраця з університетами та науковими установами.	Залучення не менше 10% державного фінансування в галузь.
Міжнародне співробітництво	Налагодження партнерств з міжнародними організаціями та країнами ЄС для інтеграції у глобальні ланцюги поставок водню.	Участь у не менше ніж 5 міжнародних водневих проєктах.
Експорт водню	Розвиток потенціалу для експорту «зеленого» водню до країн ЄС та інших регіонів.	Збільшення експорту до 500 млн євро на рік.

Джерело: складено авторами на основі [1, с. 98; 5; 6]

– проєктні ініціативи: в Україні розроблені та виконуються інвестиційні проєкти по виробництву водню, які спрямовані на залучення іноземних інвестицій і розвиток експорту водню. Особлива увага приділяється налагодженню партнерських відносин з міжнародними компаніями та організаціями.

4. Цільові стратегічні пріоритети розвитку водневої економіки України. До 2030 року Україна ставить перед собою амбітні цілі:

– розширення виробництва водню, зокрема «зеленого», для задоволення внутрішніх потреб та експортних можливостей;

– розвиток інфраструктури для водневого транспортування та зберігання;

– залучення інвестицій у водневу економіку та активне просування на міжнародних ринках [4].

Таким чином, за результатами контент-аналізу вітчизняних стратегічних ініціатив слід констатувати, що Україна продовжує активно розвивати водневу економіку, реалізуючи національні стратегії, інвестуючи в інфраструктуру та активно співпрацюючи з міжнародними партнерами. Цільові стратегічні орієнтири спрямовані на досягнення сталого розвитку, зменшення викидів парникових газів та інтеграцію в глобальні водневі ринки.

**Висновки.** Світовий інтерес до водневої енергетики в останні роки значно виріс, саме її найчастіше називають енергетикою майбутнього й головним рушієм у боротьбі з кліматичними змінами. Використання водню дає можливість створення як короткострокових, так і довгострокових міжсезонних запасів енергії в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії. Використання відновлюваної енергії вітру та сонячної енергії для забезпечення цілих секторів економіки створює непереборні проблеми, якщо не доповнюється воднем. Водень найближчим часом буде грати провідну роль в інтеграції великих обсягів відновлюваної енергії, в секторах транспорту, опалення та охолодження тощо.

Задля підтримки розвитку водневої економіки на державному та міждержавному рівнях ухвалено низку нормативних документів, що регламентують засади низьковуглецевого розвитку та водневої трансформації усіх сфер суспільного життя. Для використання водню як енергоносія необхідно активно реалізовувати стратегії довгострокової перспективи, які вже сьогодні слугують дорожніми картами для створення інтегрованих систем з відновлювальних джерел енергії, виробництва і зберігання водню, з подальшим розвитком інфраструктури для використання водню як палива. У багатьох країнах Європи і світу розроблені та реалізуються водневі стратегії щодо реалізації перспективної водневої енергетики.

Воднева економіка стає важливим інструментом для переходу до сталого розвитку та досягнення цілей енергетичної безпеки. Аналіз стратегічних ініціатив розвитку водневої економіки в різних країнах світу показав, що існує значна різноманітність підходів та стратегій, які відрізняються за обсягом фінансування, акцентом на дослідженнях та розвитком інфраструктури. Україна, хоча і перебуває на початкових етапах розробки власної водневої стратегії, має великий потенціал для розвитку цієї галузі за умови активної співпраці з міжнародними партнерами та залучення інвестицій.

Для розвитку водневої галузі в Україні необхідна передусім державна підтримка у вигляді гармонізованого з європейськими нормами законодавства та прозорих правил під час отримання необхідної дозвільної документації. Розвиток водневої енергетики виступає необхідним елементом післявоєнного відновлення країни, що має відбуватися з урахуванням принципів «зеленої» економіки, при цьому позиціонування України у новій світовій водневій економіці має враховувати насамперед національні інтереси.

Важливим напрямом подальших досліджень є аналіз економічної доцільності реалізації водневих проєктів в умовах України, а також оцінка можливостей для інтеграції у європейську водневу інфраструктуру.

## Бібліографічний список:

1. Відновлювані джерела енергії: монографія; за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.
2. Зеленько О. О. Зелена енергетика: її складові та фактори розвитку в світовій економіці. *Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди «Економіка»*. 2021. Вип. 19. С. 60–70.
3. Зеленько О. О., Гудан Т. Г., Осмірко І. В. Воднева енергетика та перспективи її розвитку в економіці України. *БІЗНЕСІНФОРМ*. 2022. № 8. С. 20–26.
4. Репкін О. Плани ЄС щодо розвитку водневої галузі до 2030 р. та перспективи України у цій екосистемі. URL: <https://ecolog-ua.com/news/plany-yes-shchodo-rozvytku-vodnevoyi-galuzi-do-2030-roku-ta-perspektyvy-ukrayiny-u-ciy> (дата звернення: 03.08.2024).
5. Табахарнюк М. 10 перешкод для розвитку водневої економіки в Україні. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/16/700162/> (дата звернення: 03.08.2024).
6. Шрайбер О. А., Дубровський В. В., Тесленко О. І. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2021. Том 32 (71) № 5. С. 199–209.
7. Appunn K. EU releases plan for sharp increase in green hydrogen production capacity by 2030. URL: <http://surl.li/gksqgf> (дата звернення: 03.08.2024).
8. Appunn K. Freja Eriksen Julian Wettengel Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets. URL: <https://www.cleanenergywire.org/news/german-hydrogen-strategy-aims-global-leadership-energy-transition> (дата звернення: 03.08.2024).
9. Bellini E. Underground hydrogen storage in Canada. URL: <https://www.pv-magazine.com/2020/11/05/underground-hydrogen-storage-in-canada/> (дата звернення: 03.08.2024).
10. Brandon N., Kurban Z. Clean energy and the hydrogen economy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2017. Vol. 375. Issue 2098.
11. Dierman R. Aurora Energy Research erwartet in Europa Verachtfachung der Wasserstoff-Nachfrage bis 2050. URL: <http://surl.li/kbwnp> (дата звернення: 03.08.2024).
12. Energiewirtschaftliches Institut (EWI). Grüner Wasserstoff: Weltweit große Kostenunterschiede und hohe Transportkosten. URL: <http://surl.li/cgkzh> (дата звернення: 03.08.2024).
13. Vorrath S. BNEF: Renewable hydrogen can replace gas in power generation. URL: <http://surl.li/botynd> (дата звернення: 03.08.2024).
14. Glenk G., Reichelstein S. Economics of converting renewable power to hydrogen. *Nature Energy*. 2019. Vol. 4. No. 3. P. 216–222. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0326-1>
15. Radowitz B. Linde announces major green hydrogen investment. URL: <https://ieefa.org/linde-announces-major-green-hydrogen-investment/> (дата звернення: 03.08.2024).
16. Global green hydrogen project pipeline tops 60GW–Rystad Energy. URL: <http://surl.li/dsagkw> (дата звернення: 03.08.2024).
17. Chestney N., Abnett K. Green hydrogen's time has come, say advocates eyeing post-pandemic world. URL: <http://surl.li/kvmbmb> (дата звернення: 03.08.2024).
18. Hannen P. Wasserstoff-Großprojekte für mehr als 300 Milliarden US-Dollar in der Pipeline. URL: <https://www.pv-magazine.de/2021/02/19/wasserstoff-grossprojekte-fuer-mehr-als-300-milliarden-us-dollar-in-der-pipeline/> (дата звернення: 03.08.2024).
19. Hering G. Mitsubishi wins orders for hydrogen-compatible turbines at three planned U.S. gas-fired projects. URL: <http://surl.li/weicrpn> (дата звернення: 03.08.2024).
20. Hydrogen production costs to 2040: Is a tipping point on the horizon? URL: <http://surl.li/popnqs> (дата звернення: 03.08.2024).
21. Matich B. Global hydrogen project pipeline expected to exceed \$300 billion by 2030. URL: <https://www.pv-magazine.com/2021/02/18/global-hydrogen-project-pipeline-expected-to-exceed-300-billion-by-2030/> (дата звернення: 03.08.2024).
22. Naschert C. Norwegian electrolyzer firm seeks price parity for green hydrogen by 2025. URL: <https://ieefa.org/norwegian-electrolyzer-firm-seeks-price-parity-for-green-hydrogen-by-2025/> (дата звернення: 03.08.2024).
23. Naschert C. EU funds Ørsted pilot project to produce green hydrogen with offshore wind. URL: <http://surl.li/srrjnn> (дата звернення: 03.08.2024).
24. Parnell J. Wood Mackenzie: 2020s will be the 'decade of hydrogen'. URL: <https://ieefa.org/wood-mackenzie-2020s-will-be-the-decade-of-hydrogen/> (дата звернення: 03.08.2024).
25. Willuhn M. IHS Markit says green hydrogen will be cost competitive by 2030. URL: <http://surl.li/hsmtyd> (дата звернення: 03.08.2024).
26. International Energy Agency: IEA. URL: <https://www.iea.org/> (дата звернення: 03.08.2024).

## References:

1. Kudri S. O. (eds.) (2020) Vidnovliovani dzhherela energiyi: monohrafiya; za zah. red. Kyiv: Instytut vidnovliuvalnoi enerhetyky NANU, 392 p.
2. Zelen'ko O. O. (2021) Zelen'a enerhetyka: yi skladovi ta faktory rozvytku v svitovii ekonomitsi. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivsk'oho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni H. S. Skovorody "Ekonomika"*, is. 19, pp. 60–70.
3. Zelen'ko O. O., Hutsan T. H., Os'mirko I. V. (2022) Vodneva enerhetyka ta perspektyvy yi rozvytku v ekonomitsi Ukrainy. *Biznesinform*, no. 8, pp. 20–26.
4. Repkin O. Plany YES shchodo rozvytku vodnevoi haluzi do 2030 r. ta perspektyvy Ukrainy u tsiy ekosystemi. Available at: <https://ecolog-ua.com/news/plany-yes-shchodo-rozvytku-vodnevoyi-galuzi-do-2030-roku-ta-perspektyvy-ukrayiny-u-ciy> (accessed August 3, 2024).
5. Shraiber O. A., Dubrovskiy V. V., Teslenko O. I. (2021) Suchasnyi stan i perspektyvy rozvytku vodnevoi enerhetyky u sviti. *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'koho. Seriya: Tekhnichni nauky*, vol. 32 (71) no. 5, pp. 199–209.
6. Appunn K. EU releases plan for sharp increase in green hydrogen production capacity by 2030. Available at: <http://surl.li/gksqgf> (accessed August 3, 2024).
7. Appunn K. Freja Eriksen Julian Wettengel Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets. Available at: <https://www.cleanenergywire.org/news/german-hydrogen-strategy-aims-global-leadership-energy-transition> (accessed August 3, 2024).

8. Bellini E. (2020) Underground hydrogen storage in Canada. Available at: <https://www.pv-magazine.com/2020/11/05/underground-hydrogen-storage-in-canada/> (accessed August 3, 2024).
9. Dierman R. EWE baut Kavernenspeicher für Wasserstoff. Available at: <https://www.pv-magazine.de/2020/12/18/ewe-baut-kavernenspeicher-fuer-wasserstoff/> (accessed August 3, 2024).
10. Dierman R. Aurora Energy Research erwartet in Europa Verachtfachung der Wasserstoff-Nachfrage bis 2050. Available at: <http://surl.li/kbwsnp> (accessed August 3, 2024).
11. Energiewirtschaftliches Institut (EWI). Grüner Wasserstoff: Weltweit große Kostenunterschiede und hohe Transportkosten. Available at: <http://surl.li/cgkzh> (accessed August 3, 2024).
12. Enkhardt S. Erzeugung von grünem Wasserstoff in großem Stil am bisherigen Kohlekraftwerkstandort in Hamburg geplant. Available at: <http://surl.li/qtocka> (accessed August 3, 2024).
13. Vorrath S. BNEF: Renewable hydrogen can replace gas in power generation. Available at: <http://surl.li/botynd> (accessed August 3, 2024).
14. Yu Yong. (2021) Low-carbon development at HBIS. World Steel Association. Available at: <https://www.worldsteel.org/media-centre/blog/2021/Low-carbon-development-at-HBIS.html> (accessed August 3, 2024).
15. Radowitz B. Linde announces major green hydrogen investment. Available at: <https://ieefa.org/linde-announces-major-green-hydrogen-investment/> (accessed August 3, 2024).
16. Global green hydrogen project pipeline tops 60GW—Rystad Energy. Available at: <http://surl.li/dsagkw> (accessed August 3, 2024).
17. Chestney N., Abnett K. Green hydrogen's time has come, say advocates eyeing post-pandemic world. Available at: <http://surl.li/kvmbmb> (accessed August 3, 2024).
18. Hannen P. Wasserstoff-Großprojekte für mehr als 300 Milliarden US-Dollar in der Pipeline. Available at: <https://www.pv-magazine.de/2021/02/19/wasserstoff-grossprojekte-fuer-mehr-als-300-milliarden-us-dollar-in-der-pipeline/> (accessed August 3, 2024).
19. Hering G. Mitsubishi wins orders for hydrogen-compatible turbines at three planned U.S. gas-fired projects. Available at: <http://surl.li/weiupm> (accessed August 3, 2024).
20. Hydrogen production costs to 2040: Is a tipping point on the horizon? Available at: <http://surl.li/popnqs> (accessed August 3, 2024).
21. Matich B. (2021) Global hydrogen project pipeline expected to exceed \$300 billion by 2030. Available at: <https://www.pv-magazine.com/2021/02/18/global-hydrogen-project-pipeline-expected-to-exceed-300-billion-by-2030/> (accessed August 3, 2024).
22. Naschert C. Norwegian electrolyzer firm seeks price parity for green hydrogen by 2025. Available at: <https://ieefa.org/norwegian-electrolyzer-firm-seeks-price-parity-for-green-hydrogen-by-2025/> (accessed August 3, 2024).
23. Naschert C. EU funds Ørsted pilot project to produce green hydrogen with offshore wind. Available at: <http://surl.li/srrjjn> (accessed August 3, 2024).
24. Parnell J. Wood Mackenzie: 2020s will be the 'decade of hydrogen'. Available at: <https://ieefa.org/wood-mackenzie-2020s-will-be-the-decade-of-hydrogen/> (accessed August 3, 2024).
25. Willuhn M. IHS Markit says green hydrogen will be cost competitive by 2030. Available at: <http://surl.li/hsmtyd> (accessed August 3, 2024).
26. International Energy Agency: IEA. Available at: <https://www.iea.org/> (accessed August 3, 2024).

*Стаття надійшла до редакції 20.08.2024*