

УДК 330.3
 JEL: F15; F20; O19; Q42; Q43
 DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-8-20-26>

ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ РОЗВИТКУ В ЕКОНОМІЦІ УКРАЇНИ

©2022 **ЗЕЛЕНЬКО О. О., ГУЦАН Т. Г., ОСЬМІРКО І. В.**

УДК 330.3
 JEL: F15; F20; O19; Q42; Q43

Зеленько О. О., Гуцан Т. Г., Осьмірко І. В. Воднева енергетика та перспективи її розвитку в економіці України

Метою статті є оцінка переваг і недоліків водневої енергетики та перспектив її розвитку в Україні. Виділено переваги водню, які обумовлюють розвиток водневої енергетики: зручність у використанні, безмежність запасів у навколишньому середовищі, енергоефективність. Також виробництво «зеленого» водню є вирішенням проблеми з надлишковим виробництвом енергії альтернативною енергетикою та зручним способом балансування виробництва електроенергії в енергосистемі країн-виробників. До недоліків водневої енергетики віднесено таке: висока вартість виробництва «зеленого» водню на сучасному етапі розвитку енергетики; горючість і небезпечність при контакті з повітрям; значні технічні проблеми, які виникають при зберіганні та транспортуванні водню як енергоносія. Аналіз планів розвинених країн загалом і ЄС зокрема з розвитку водневої енергетики та їх реалізації свідчить, що політика національних урядів та ЄС привела до зростання обсягів інвестицій у галузь, збільшення масштабів проєктів, що реалізуються та до здешевлення обладнання для виробництва «зеленого» водню. Проведений аналіз свідчить, що з урахуванням високих цін на енергоносії, здешевлення електроенергії з відновлювальних джерел енергії й обладнання для водневої енергетики водень стане конкурентоспроможним на 12 національних ринках до 2030 р., а в багатьох інших країнах – до 2050 р. Аналіз програм розвитку водневої енергетики ЄС свідчить про важливу роль України в розвитку відповідної галузі в Європі. Виділено такі перспективні ефекти для економіки України: зменшення залежності від імпорту традиційних енергоносіїв; підвищення збалансованості роботи енергетичної системи країни; можливість змінити роль газотранспортної системи України для енергетичного ринку Європи; створення нової експортної галузі за фінансової та технічної підтримки ЄС; створення внутрішнього ринку «зеленого» водню в країні та нових робочих місць.

Ключові слова: воднева енергетика, «зелений» водень, переваги та недоліки «зеленого» водню, стратегія ЄС з розвитку водневої енергетики, вплив на економіку України.

Бібл.: 19.

Зеленько Олександр Олегович – кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри суспільно-економічних дисциплін і географії, Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди (вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна)

E-mail: azelenko1077@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7283-0914>

Гуцан Тетяна Григорівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри суспільно-економічних дисциплін і географії, Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди (вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна)

E-mail: gutsan.hnpu@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6233-301X>

Осьмірко Інна Володимирівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної теорії, фінансів і обліку, Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди (вул. Алчевських, 29, Харків, 61002, Україна)

E-mail: i.v.osmirko@hnpu.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7967-8230>

UDC 330.3
 JEL: F15; F20; O19; Q42; Q43

Zelenko O. O., Gutsan T. G., Osmirko I. V. Hydrogen Energy and Potential for Its Development in the Economy of Ukraine

The purpose of the article is to assess the advantages and disadvantages of hydrogen energy and the prospects for its development in Ukraine. The advantages of hydrogen, which determine the development of hydrogen energy are allocated: ease of use, infinity of reserves in the environment, energy efficiency. Also, the production of «green» hydrogen is a solution to the problem of excessive energy production by alternative energy and a convenient way to balance electric energy production in the power system of the producing countries. The disadvantages of hydrogen energy include the following: the high cost of producing «green» hydrogen at the present stage of energy development; flammability and danger in contact with air; significant technical problems that arise during the storage and transportation of hydrogen as an energy carrier. The analysis of the plans of developed countries in general and the EU in particular for the development of hydrogen energy and their implementation shows that the policies of national governments and the EU have led to an increase in investment in the industry, an increase in the scale of projects being implemented and a reduction in the cost of equipment for the production of «green» hydrogen. The carried out analysis shows that taking into account high energy prices, cheaper electric energy from renewable energy sources and equipment for hydrogen energy, hydrogen will become competitive in 12 national markets by 2030, and in many other countries – by 2050. The following promising effects for the Ukrainian economy are highlighted: reducing dependence on imports of traditional energy carriers; improving the balance of the country's energy system; the opportunity to change the role of Ukraine's gas transmission system for the European energy market; creation of a new export industry with financial and technical support from the EU; creation of a domestic market for «green» hydrogen in the country along with opportunity for new jobs.

Keywords: hydrogen energy, «green» hydrogen, advantages and disadvantages of «green» hydrogen, the EU strategy for the development of hydrogen energy, impact on the economy of Ukraine.

Bibl.: 19.

Zelenko Oleksandr O. – PhD (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Socio-Economic Disciplines and Geography, H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University (29 Alchevskyykh Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: azelenko1077@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7283-0914>

Забезпечення сталих темпів економічного зростання та більш високого рівня життя громадян країни в майбутньому неможливе без досягнення глобальних цілей сталого розвитку. Для України досягнення зазначеної мети означає забезпечення доступу до недорогих, надійних та екологічно чистих джерел енергії. Також розвиток власних джерел енергії з такими характеристиками є надзвичайно актуальним з огляду на залежність країни від імпорту традиційних енергоносіїв, що негативно впливає на динаміку національної економіки.

Теоретичні та практичні питання, які пов'язані з виробництвом «зеленого» водню та розвитком відновлювальних джерел енергії розглядали у своїх роботах С. Кудря, В. Будько, Л. Яценко, Л. Шинкаренко, М. Кузнецов, Г. Ковтун, Є. Полункін, М. Віда, М. Болл, М. Масита, Н. Бініта, З. Якоб, Г. Марбан, Т. Вальдес-Соліс та ін. Питанням, що пов'язані з розвитком водневої енергетики, науковці приділяють увагу вже тривалий час, однак, з огляду на швидкі темпи науково-технічного прогресу та політику національних урядів, яка спрямована на декарбонізацію економіки, зазначений напрям наукових досліджень потребує подальших досліджень, які враховуватимуть останні зміни в зазначеному середовищі.

Виходячи із зазначеного вище метою статті є оцінка переваг і недоліків водневої енергетики та перспектив її розвитку в Україні.

Воднева енергетика розглядає комплекс питань, пов'язаних із отриманням, зберіганням і використанням водню як енергоносія, у тому числі в енергосистемах з автономним енергозабезпеченням [1, с. 347].

Інтерес до водню з боку науковців та практиків обумовлений його властивостями. Водень є дуже енергоємним: він горить за такої температури, що і природний газ, однак при згорянні на одиницю маси виділяється у 3,5 разу більше теплової енергії порівняно з нафтою та вугіллям. Його можна транспортувати за допомогою трубопроводів, у емностях для стисненого та зрідженого газу за дуже низьких температур [6].

Фахівці виділяють такі переваги використання водню як джерела енергії:

- ✦ водень універсальний, екологічно чистий енергоносіє;
- ✦ водень може зберігатися, транспортуватися та використовуватися різними способами;

- ✦ водень може замінити традиційне паливо в різних галузях економіки;
- ✦ виробництво водню може бути забезпечено на основі використання внутрішніх ресурсів країни;
- ✦ виробництво водню є способом акумуляції та зберігання енергії та вирішення проблеми створення балансових потужностей у відновлювальній і традиційній енергетиці [1, с. 347].

Водень не зустрічається на землі в чистому вигляді. Як правило, він вилучається за допомогою різноманітних хімічних реакцій. У фаховій літературі з водневої енергетики водень поділяється на різні кольори залежно від способу виробництва:

- ✦ «зелений» – виробляється на основі використання відновлювальних джерел енергії методом електролізу води;
- ✦ «блакитний» – виробляється з природного газу, при цьому шкідливі викиди уловлюються для повторного використання;
- ✦ «рожевий» або «червоний» – виробляється на основі використання атомної енергії;
- ✦ «сірий» – водень отримують шляхом конверсії метану. У цьому випадку шкідливі речовини викидаються в атмосферу;
- ✦ «коричневий» – водень отримують в результаті газифікації вугілля. Використання цього методу призводить до викидів парникових газів [3].

Згідно з даними останніх досліджень, на теперішній час 99,6% водню виробляється «сірим» або «блакитним», створюючи при цьому значні викиди вуглецю [15].

Аналіз сучасних тенденцій на енергетичному ринку та ініціатив національних урядів, що спрямовані на розвиток «зеленої» енергетики та досягнення вуглецевої нейтральності, свідчить, що фахівці розраховують у майбутньому на розвиток водневої енергетики саме на основі виробництва «зеленого» водню.

Останніми роками воднева енергетика перетворилася на один із провідних напрямів розвитку енергетичної галузі, з яким у промислово розвинених країнах і в країнах, що розвиваються, пов'язують перспективи розвитку національних економік. Окрім намагання досягти вуглецевої нейтральності в най-

ближчі десятиліття, причини такого стану справ полягають у стрімких темпах розвитку технологій відновлювальної енергетики та, зокрема, видобутку та використання «зеленого» водню.

У літературі, присвяченій водневій енергетиці, виділяють такі *переваги* виробництва та використання водню:

- ✦ *зручність у використанні.* Широка електрифікація транспортної галузі, яка відбулася останніми роками, виявила, що авіацію, вантажні та морські перевезення важко з технологічної й економічної точок зору перевести на електричну тягу, оскільки в цих сегментах необхідно використовувати паливо з високою щільністю енергії. «Зелений» водень може замінити традиційне паливо в таких випадках. Так, компанія Airbus відмовилася від використання акумуляторів у літаках на користь використання водню [16]. Американська компанія Nicola, яка проектує та виробляє важкі комерційні автомобілі з нульовими викидами, оголосила про оновлення своєї програми комерційних вантажівок з водневими паливними елементами: оновлена вантажівка Nicola Two тепер матиме запас ходу до 900 миль та буде готова до серійного виробництва у 2024 р. [9]. Час заправки складає близько 20 хвилин, що швидше заправки важких дизельних вантажівок та електромобілів. Ще одним мінусом електромобілів є вага акумуляторів, які значно збільшують масу вантажівки та, відповідно, зменшують її вантажопідйомність [5]. Важливий перспективний напрям використання водню – житлово-комунальне господарство. Використання водню для опалення будинків та приготування їжі, за розрахунками фахівців Великої Британії, дозволить зменшити викиди вуглецю при опаленні будинків на 73%. Перші проекти в цьому напрямі почали вже реалізовуватися. Так, м. Лідс з 2026 р. починає перехід на використання водню в комунальному господарстві [17];
- ✦ *запаси водню є безмежними.* Оскільки водень зустрічається практично всюди, його можна використовувати там, де він виробляється. На відміну від електричних батарей, які не можуть зберігати велику кількість енергії тривалий час, водень можна виробляти, використовуючи надлишкову енергію відновлювальних джерел енергії, та зберігати тривалий час у великій кількості;
- ✦ *енергоефективність.* Водень утримує в собі у 3 рази більше енергії, ніж традиційне викопне паливо. Електростанція на викопному паливі має коефіцієнт корисної дії (ККД) від 33 до 35%, сонячні батареї – 20%, вітрові електро-

станції – 40%, водневі паливні елементи мають ККД до 65% [3];

- ✦ *виробництво «зеленого» водню є вирішенням проблеми з надлишковим виробництвом електричної енергії відновлювальними джерелами енергії.* Виробництво водню в такому разі є важливою умовою підвищення ефективності відновлювальної енергетики та зручним способом балансування процесів виробництва та споживання енергії. Надлишки електроенергії можна перетворювати у водень та спалювати його, перетворюючи на енергію, коли виникне необхідність [1, с. 346; 2].

До *недоліків* водневої енергетики відносять:

- ✦ *вартість «зеленого» водню.* За переконанням фахівців, перспективи розвитку водневої енергетики пов'язані зі здешевленням виробництва «зеленого» водню на основі електролізу води. Основний шлях – це здешевлення вартості електролізерів та вартості електроенергії із відновлювальних джерел енергії;
- ✦ *горючість.* У порівнянні з бензином, природним газом, пропаном водень є набагато більш небезпечним при контакті з повітрям: порушення герметичності ємностей або трубопроводів при зберіганні або транспортуванні може призвести до вибуху;
- ✦ *зберігання або транспортування.* Водень є дуже легким хімічним елементом, тому в певному об'ємі його міститься менше порівняно з традиційними видами палива. Властивості водню створюють технічні проблеми на шляху його широкого застосування. Для вирішення цієї проблеми водень перетворюють у рідкий або газоподібний стан. Його необхідно охолодити до -253 градусів за Цельсієм, щоб отримати у зрідженому стані, або стиснути до 700 атмосфер, щоб можна було транспортувати у стисненому стані [3].

Аналіз останніх тенденцій розвитку водневої енергетики свідчить про те, що все більше країн вирішують перейти до політики декарбонізації, використовуючи при цьому водень. Влітку 2020 р. ЄС оприлюднив свою водневу стратегію, яка має на меті прискорений розвиток виробництва та використання водню як енергоносія. Згідно з планом ЄС «Green Hydrogen Investment and Support Report» заплановано нові інвестиції які, в кінцевому підсумку, сприятимуть створенню нової моделі енергетичного сектора країн ЄС: йдеться про створення системи виробництва, зберігання та використання «зеленого» водню. План розроблено на основі дослідження попиту на «зелений» водень і можливостей країн товариства з його виробництва.

Загальний обсяг інвестицій до 2030 р. оцінюється у 430 млрд євро, обсяг необхідної підтримки з боку

ЄС – 145 млрд євро. На виробництво водню заплановані обсяги інвестицій становлять 220 млрд євро, з них 160 млрд євро – це інвестиції у виробництво водню на основі використанні відновлювальних джерел енергії (сонячні та вітрові електростанції), 120 млрд євро – інвестиції в розвиток інфраструктури та проєктів зі зберігання водню, 90 млрд євро – інвестиції у створення та розвиток суміжних виробництв, які виробляють обладнання для виробництва, транспортування та використання водню.

Масштабною запланована і підтримка з боку ЄС розвитку водневої енергетики: гранти та субсидії виробникам водню становитимуть 95 млрд євро, на розвиток інфраструктури та проєктів зі зберігання водню – 15 млрд євро, створення допоміжних виробництв – 35 млрд євро. Головна роль у фінансуванні розвитку водневої енергетики на початковому етапі відводиться Європейському інвестиційному банку [12].

Німеччина, Іспанія, Португалія, Нідерланди, Фінляндія, Швеція, Польща також оприлюднили свої національні стратегії розвитку водневої енергетики у 2020 р. Наприкінці 2020 р. – початку 2021 р. оприлюднили свої стратегії уряду Китаю, Японії, Південної Кореї та Канади. Підтвердили свої наміри щодо декарбонізації національної економіки й у адміністрації Президента США [8].

Зазначені ініціативи мають наслідком зростання інвестицій у галузі. Згідно з доповіддю «Hydrogen insights» (січень 2021 р.), яку оприлюднив Hydrogen Council (глобальна ініціатива 123 провідних енергетичних, транспортних, промислових та інвестиційних компаній з єдиним баченням розвитку водневої енергетики) спільно з консалтинговою компанією McKinsey&Company, станом на початок 2021 р. нараховувалось більше ніж 200 проєктів у водневій енергетиці. Якщо проєкти будуть реалізовані, то загальний обсяг інвестицій у виробництво «зеленого» водню перевищить 300 млрд дол. США. На рівні компаній члени Hydrogen Council планують 6-кратне збільшення інвестицій у виробництво водню до 2025 р. і 16-кратне збільшення до 2030 р. Інвестиції заплановані в капітальні витрати та дослідження і розробки [14].

Збільшення обсягів інвестицій привели до збільшення масштабів проєктів, які плануються до реалізації. Так, у 4 кварталі 2021 р. усе більше виробників електролізерів для виробництва «зеленого» водню суттєво збільшили плани з виробництва заводів з потужністю 1 ГВт. Серед найбільш помітних виробників – Ohmium, Clean Power Hydrogen, Green Hydrogen Systems, Sunfire та інші, які приєднались до виробників, котрі вже виробляють потужне обладнання (Cummins, Haldor Topsoe, ITM, Nel, McPhy, Siemens, Thyssenkrupp и Plug Power) [18]. Внаслідок високої інвестиційної активності та збільшення масштабів проєктів фахівці прогнозують зменшення собівартості обладнання для виробництва «зелено-

го» водню до 2025 р. За їх думкою, витрати виробників зменшаться за рахунок економії на масштабах виробництва, появи нових рішень із автоматизації виробництва, модульності обладнання та нових учасників ринку [18].

З урахуванням високих цін на традиційні енергоносії та поступове зменшення собівартості електроенергії із відновлювальних джерел енергії «зелений» водень стане конкурентоспроможним на 12 ринках із найбільш сприятливими умовами для розвитку «зеленої» енергетики до 2030 р., а до 2050 р. 20 країн із 24, за прогнозами аналітиків McKinsey&Company, отримують конкурентоспроможні ціни на «зелений водень» [18]. До подібних висновків дійшли і дослідники Bloomberg: у дослідженні Hydrogen Economy вони звертають увагу на те, що вартість обладнання для виробництва «зеленого» водню в Північній Америці та Європі зменшилася на 40% за період з 2014 по 2019 рр., системи китайського виробництва стали на 80% дешевшими, ніж західні аналоги.

Зогляду на зазначені тенденції, очікується зменшення собівартості виробництва енергії з відновлювальних джерел енергії, через що «зелений водень» коштуватиме від 0,7 до 1,6 дол. США за 1 кг на більшості територій світу до 2050 р. Така ціна є еквівалентною поточній ціні на природний газ, що робить «зелений» водень конкурентоспроможним енергоносієм [13]. За оцінкою Міжнародної енергетичної агенції (IEA), водень із відновлювальних джерел енергії коштуватиме 1,3 дол. США за 1 кг до 2030 р. у регіонах з розвиненими відновлювальними джерелами енергії, що є зрівняним з вартістю водню, який виробляється з природного газу. У перспективі витрати на виробництво «зеленого» водню зменшаться до 1 дол. США за 1 кг у країнах з найбільш сприятливими умовами для розвитку відновлювальних джерел енергії, що робить «зелений» водень конкурентоспроможним порівняно з виробництвом водню з природного газу [10, с. 113].

Вивчення основних програмних документів ЄС, які спрямовані на розвиток водневої енергетики – «Green Hydrogen Investment and Support Report» [12] і «Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative» [11] – свідчить, що в питанні розвитку водневої енергетики ЄС відводить важливе місце Україні. Згідно з «Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative» в Україні необхідно створити 10 ГВт нових потужностей з виробництва «зеленого» водню. За оцінками фахівців з Інституту відновлювальної енергетики НАН України, асоціації «Українська воднева рада» та «Hydrogen Europe», Україна має другий у Європі потенціал відновлювальної енергетики (енергія вітру, сонця, та біомаси) [1, с. 357; 3; 10]. Усього лише чотири регіони України здатні забезпечити половину потреб країн ЄС в енергії: за даними «Української водневої ради», найбільш

перспективними є Одеська, Миколаївська, Херсонська та Запорізька області. Згідно з планами ЄС в Україні передбачається створити 11 ГВт вітроелектростанцій та 11 ГВт сонячних станцій, які дозволять завантажити електролізи потужністю 10 ГВт для виробництва «зеленого» водню. Обсяг запланованих інвестицій ЄС для реалізації зазначених планів становить близько 20 млрд євро. Також зазначена ініціатива ЄС передбачає розвиток внутрішнього ринку «зеленого» водню в Україні [4].

Аналіз наслідків реалізації зазначених планів ЄС дозволив виділити такі *перспективні ефекти* для економіки України від реалізації планів ЄС із розвитку водневої енергетики:

- ✦ *зменшення залежності України від імпорту енергетичних ресурсів з Росії.* Окрім геополітичних переваг, реалізація політики енергетичної незалежності дозволить суттєво поліпшити стан платіжного балансу країни через зменшення імпорту;
- ✦ *демонополізація виробництва та розподілу електроенергії в країні.* Сприятиме виникненню конкуренції, збільшенню інвестицій у розвиток і реконструкцію існуючої інфраструктури, підірватиме монополні позиції українських фінансово-промислових груп на енергетичному ринку та вплине на рівень цін на ринку;
- ✦ *унеможливлення корупції* при обчисленні паливної складової в собівартості електроенергії;
- ✦ *зменшення шкідливих викидів з боку підприємств енергетичної, металургійної та хімічної промисловості та, в перспективі, транспортної галузі;*
- ✦ *підвищення збалансованості в роботі енергетичної системи,* що матиме наслідком підвищення її стабільності. Наразі в енергосистемі існують дисбаланси: спостерігається профіцит енергії влітку або вдень, коли на повну потужність працюють сонячні та вітроелектростанції. Як наслідок, виникає необхідність відключати від енергосистеми атомні станції та гідроелектростанції, що призводить до неефективного використання потужностей і до підвищення собівартості виробництва електроенергії. У такій ситуації виробництво «зеленого» водню може стати перспективним напрямом балансування потужностей в енергосистемі та способом накопичення і зберігання електроенергії в періоди її профіциту [1; с. 346];
- ✦ *можливість змінити роль газотранспортної системи України для європейського енергетичного ринку.* Дослідження, які проведені за кордоном і в Україні, показали, що «зелений» водень можна додавати до природного газу та

транспортувати його наявними трубопроводами [1, с. 346, 363];

- ✦ *створення нової експортної галузі за фінансової, технологічної підтримки ЄС:* передбачається встановлення 10 ГВт потужностей вітро- та сонячних електростанцій, з яких 7,5 ГВт вироблятиме «зелений» водень для потреб ЄС [11];
- ✦ *створення підтримуючих галузей, реконструкція енергетичної інфраструктури в Україні* (трубопроводи, електростанції, лінії електропередачі та ін.);
- ✦ *створення внутрішнього ринку водню за допомогою ЄС.* Згідно зі стратегією «Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative» ЄС готовий надати допомогу в розвитку внутрішнього ринку виробництва, зберігання та використання водню (передбачається встановлення 2,5 ГВт потужностей вітро- та сонячних електростанцій для потреб внутрішнього ринку) [11];
- ✦ *створення нових робочих місць.* Розвиток відновлювальних джерел енергії має помітний вплив на стан національної економіки. Згідно з розрахунками міжнародних організацій, зокрема Global Wind Energy Council, 1 млн дол. США, які витрачені на створення відновлювальних джерел енергії, створює 7,49 постійних робочих місць, що в 3 рази більше порівняно з традиційною енергетикою – 2,66 робочих місця [19]. Розрахунки, проведені в рамках ініціативи ЄС «Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative», також передбачають створення нових робочих місць для обслуговування електролізів, електростанцій і необхідної інфраструктури [2, с. 68; 11].

Відмітимо, що зазначені перспективи для економіки України виглядають дуже привабливо, і зараз керівництво країни на рівні Міністерства енергетики та вугільної промисловості України демонструє зацікавленість і бажання розвивати виробництво «зеленого» водню разом із партнерами з ЄС. Партнерство з ЄС передбачає інвестування в національну економіку близько 20 млрд євро для створення комплексу для виробництва, зберігання та транспортування «зеленого» водню. Однак, на нашу думку, при розгляді перспектив розвитку цієї галузі слід урахувати особливості інвестиційного клімату й особливості економічної політики в Україні, які можуть суттєво вплинути на швидкість реалізації планів ЄС:

- ✦ значне втручання держави в економіку;
- ✦ зарегульованість підприємницької діяльності в цілому та в енергетиці зокрема;
- ✦ суперечливе та нестабільне законодавство;
- ✦ корупція;

- ✦ значний вплив провідних українських фінансово-промислових груп на виконавчу, законодавчу та судову владу в країні;
- ✦ часта зміна векторів та пріоритетів економічної політики (податки, пільги, державні програми фінансування);
- ✦ непрозорий розподіл бюджетних коштів на пріоритетні програми економічного розвитку та їх неефективне використання [7; с. 146, 147].

Також перспективи виробництва «зеленого» водню значною мірою залежать від вартості електроенергії з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в країні. За думкою фахівців, за існуючих цін на електроенергію із ВДЕ виробництво «зеленого» водню в Україні ще декілька десятиліть буде збитковим [6]. Ще одним фактором, який впливатиме на розвиток водневої енергетики, є те, що для виробництва «зеленого» водню необхідна велика кількість очищеної води. Наразі Україна є однією з найменш забезпечених питною водою країною в Європі, що може негативно вплинути на масштаби розвитку галузі в майбутньому [6].

І, насамкінець, чи на найбільшою проблемою вбачається стан газотранспортної мережі в Україні. Дослідження, проведені у країнах Західної Європи, довели, що найбільш оптимальним способом транспортування водню є використання трубопроводів. Однак, з урахуванням властивостей водню (висока летючість, малий розмір молекули, що дозволяє випаровуватися через найменші щілини, та вибухонебезпечність при контакті з повітрям) і зношеності вітчизняної газотранспортної системи, перспектива масштабного розвитку виробництва «зеленого» водню та його експорт викликає сумніви [6]. На нашу думку, розвиток виробництва «зеленого» водню в Україні є питанням далекої перспективи за умови активної політики держави та значних інвестицій у розбудову інфраструктури.

Наразі воднева енергетика розглядається в науковому, експертному та підприємницькому середовищі в багатьох країнах світу як один із найбільш перспективних напрямів модернізації існуючої енергетичної системи та напрям енергетичного переходу до принципово іншої енергосистеми у світовій економіці в майбутньому. Властивості водню, швидкі темпи розвитку науково-технічного прогресу та відновлювальних джерел енергії обумовлюють значні темпи зростання обсягів інвестицій у розвиток світової водневої економіки. Зазначений напрям ще тривалий час потребуватиме уваги з боку наукової спільноти, зокрема досліджень шляхів стимулювання розвитку водневої енергетики в національних економіках, перспектив розвитку водневої енергетики та розвитку необхідної інфраструктури для зберігання та транспортування водню в окремих регіонах та її ефективного поєднання з традиційною енергетикою тощо. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

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. Кизимов В. Перспективы и недостатки водородной энергетики. URL: <http://journal.tinkoff.ru/news/reviewvodorod/>
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-shcho-do-rozvytku-vodnevoi-galuzi-do-2030-roku-ta-perspektyvy-ukrayiny-u-ciy>
5. Скрыбка Е. Водородные перспективы / Нафторинк. 24.06.2018. URL: <http://www.naftorynok.info/stati/vodorodnye-perspektivy->
6. Тітамир О. Воднева енергетика в Україні: лише на рівні розмов, а чи реально? / Укрінформ. 15.09.2021. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3315760-vodneva-energetika-v-ukrainilise-na-rivni-rozmov-a-ci-rearno.html>
7. Шкодіна І. В., Зеленько О. О. Бюджетна політика та її особливості в економіці України. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Міжнародні відносини. Економіка. Країнознавство. Туризм»*. 2021. Вип.13. С. 145–151. DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2021-13-15>
8. Flowers S. Hydrogen's critical role in the energy transition. URL: <https://www.woodmac.com/news/the-edge/hydrogens-critical-role-in-the-energy-transition/>
9. Gilroy R. Nikola Two Truck Will Run 900 Miles on Tank of Hydrogen, Company Says. URL: <https://www.ttnews.com/articles/nikola-two-truck-will-run-900-miles-tank-hydrogen-company-says>
10. Global Hydrogen Review 2021. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5bd46d7b-906a-4429-abdae9c507a62341/GlobalHydrogenReview2021.pdf>
11. Van Wijk A., Chatzimakakis J. Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative. URL: https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-04-01_Dii_Hydrogen_Studie2020_v13_SP.pdf
12. Green Hydrogen Investment and Support Report. URL: <http://profadvanwijk.com/green-hydrogen-investment-and-support-report/>
13. Hydrogen Economy Outlook. Key messages. May 30, 2020. URL: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>
14. Hydrogen Insights 2021: A Perspective on Hydrogen Investment, Deployment and Cost Competitiveness. February 2021. URL: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>
15. Hydrogen: frequently asked questions. URL: <https://www.woodmac.com/market-insights/topics/hydrogen-guide/>

16. Kaminski-Morrow D. Airbus turns to hydrogen as energy promise of batteries fades. URL: <https://www.flightglobal.com/air-transport/airbus-turns-to-hydrogen-as-energy-promise-of-batteries-fades/140254>. article#:~:text=Airbus%20is%20backing%20away%20from,to%20adapt%20to%20large%20airliners
17. Mace M. Is Leeds ready to become the UK's 'Hydrogen city' hub? URL: <https://www.edie.net/news/4/Is-Leeds-ready-to-become-the-UK-s--Hydrogen-city--hub/>
18. Van Dorsten B. Can green hydrogen compete on cost? URL: <https://www.woodmac.com/news/opinion/can-green-hydrogen-compete-on-cost/>
19. Wind can power 3.3 million jobs over the next five years / Global Wind Energy Council. URL: <https://gwec.net/wind-can-power-over-3-3-million-jobs-over-the-next-five-years/>

REFERENCES

Flowers, S. "Hydrogen's critical role in the energy transition". <https://www.woodmac.com/news/the-edge/hydrogens-critical-role-in-the-energy-transition/>

"Global Hydrogen Review 2021". <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5bd46d7b-906a-4429-abdae9c507a62341/GlobalHydrogenReview2021.pdf>

"Green Hydrogen Investment and Support Report". <http://profadvanwijk.com/green-hydrogen-investment-and-support-report/>

Gilroy, R. "Nikola Two Truck Will Run 900 Miles on Tank of Hydrogen, Company Says". <https://www.ttnews.com/articles/nikola-two-truck-will-run-900-miles-tank-hydrogen-company-says>

"Hydrogen Economy Outlook. Key messages. May 30, 2020". <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>

"Hydrogen Insights 2021: A Perspective on Hydrogen Investment, Deployment and Cost Competitiveness. February 2021". <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>

"Hydrogen: frequently asked questions". <https://www.woodmac.com/market-insights/topics/hydrogen-guide/>

Kaminski-Morrow, D. "Airbus turns to hydrogen as energy promise of batteries fades". <https://www.flightglobal.com/air-transport/airbus-turns-to-hydrogen-as-energy-promise-of-batteries-fades/140254>. article#:~:text=Airbus%20is%20backing%20away%20from,to%20adapt%20to%20large%20airliners

Kizimov, V. "Perspektivy i nedostatki vodorodnoy energetiki" [Prospects and Disadvantages of Hydrogen Energy]. <http://journal.tinkoff.ru/news/reviewvodorod/>

Mace, M. "Is Leeds ready to become the UK's 'Hydrogen city' hub?" <https://www.edie.net/news/4/Is-Leeds-ready-to-become-the-UK-s--Hydrogen-city--hub/>

Riepink, O. "Plany YeS shchodo rozvytku vodnevoi haluzi do 2030 r. ta perspektyvy Ukrainy u tsii ekosystemi" [EU Plans for the Development of the Hydrogen Industry until 2030 and Ukraine's Prospects in This Ecosystem]. <https://ecolog-ua.com/news/plany-yes-shchodo-rozvytku-vodnevoyi-galuzi-do-2030-roku-ta-perspektyvy-ukrayiny-u-ciy>

Shkodina, I. V., and Zelenko, O. O. "Biudzhetna polityka ta yii osoblyvosti v ekonomitsi Ukrainy" [Budget Policy and Its Features in the Economy of Ukraine]. *Visnyk KhNU imeni V. N. Karazina. Seriya «Mizhnarodni vidnosyny. Ekonomika. Krainoznavstvo. Turyzm»*, no. 13 (2021): 145-151.
DOI: <https://doi.org/10.26565/2310-9513-2021-13-15>

Skrybka, Ye. "Vodorodnyye perspektyvy" [Hydrogen Prospects]. *Naftorinok*. June 24, 2018. <http://www.neftorynok.info/stati/vodorodnyye-perspektyvy->

Titamy, O. "Vodneva enerhetyka v Ukraini: lyshe na rivni rozmov, a chy realno?" [Hydrogen Energy in Ukraine: Only at the Level of Conversations, but Is It Real?]. *Ukrinform*. September 15, 2021. <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3315760-vodneva-energetika-v-ukraini-lise-na-rivni-rozmov-a-ci-realno.html>

Van Dorsten, B. "Can green hydrogen compete on cost?" <https://www.woodmac.com/news/opinion/can-green-hydrogen-compete-on-cost/>

Van Wijk, A., and Chatzimakakis, J. "Green Hydrogen for a European Green Deal A 2x40 GW Initiative". https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-04-01_Dii_Hydrogen_Studie2020_v13_SP.pdf

Vidnovliuvani dzherela enerhii [Renewable Energy Sources]. Kyiv: Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU, 2020.

"Wind can power 3.3 million jobs over the next five years". Global Wind Energy Council. <https://gwec.net/wind-can-power-over-3-3-million-jobs-over-the-next-five-years/>

Zelenko, O. O. "Zelena enerhetyka: yii skladovi ta faktory rozvytku v svitovii ekonomitsi" [Green Energy: Its Components and Factors of Development in the World Economy]. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni H. S. Skovorody «Ekonomika»*, no. 19 (2021): 60-70.