

УДК 621.315.2

Дзьоба Олег Григорович

*доктор екологічних наук, професор,
професор кафедри підприємництва та маркетингу
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Dzoba Oleh

*Doctor of Economic Sciences, Professor,
Professor of the Department of entrepreneurship and marketing
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
ORCID: 0000-0003-0385-3693*

Слободян Назар Богданович

*кандидат технічних наук, докторант
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Slobodian Nazar

*PhD, Doctoral Student
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas
ORCID: 0000-0003-4647-6373*

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЦИФРОВІ АСПЕКТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ REGULATORY, ENVIRONMENTAL AND DIGITAL ASPECTS OF ENERGY TRANSFORMATION

***Анотація.** Вступ. Сучасна енергетична трансформація є важливим етапом розвитку глобальної економіки, спрямованим на забезпечення енергетичної безпеки, сталого розвитку та екологічної рівноваги. В умовах зростаючої потреби у зниженні вуглецевих викидів та ефективному використанні енергоресурсів країни світу активно впроваджують*

нормативно-правові механізми, екологічні ініціативи та цифрові технології для модернізації енергетичної галузі. Однак реалізація енергетичної трансформації супроводжується численними викликами, серед яких недосконалість правового регулювання, високі витрати на екологічні ініціативи та технологічні бар'єри на шляху до цифровізації галузі. У зв'язку з цим виникає потреба у комплексному аналізі нормативно-правових, екологічних та цифрових аспектів енергетичної трансформації для визначення ключових викликів і перспектив подальшого розвитку галузі.

Мета. Метою дослідження цієї статті є аналіз нормативно-правових, екологічних та цифрових аспектів енергетичної трансформації, а також визначення основних викликів і невирішених питань у цій сфері. Зокрема, досліджується необхідність гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами, оцінюється вплив екологічних ініціатив на сталий розвиток та розглядаються перспективи впровадження цифрових технологій у сфері енергетики.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) наукові публікації українських та зарубіжних дослідників, присвячені питанням енергетичного переходу, використання енергії та сталого розвитку підприємств енергетичного комплексу; 2) нормативно-правові акти, міжнародні угоди та наукові публікації, що аналізують законодавчі аспекти енергетичної трансформації, включаючи гармонізацію національного законодавства з міжнародними стандартами; 3) аналітичні звіти, статистичні дані та екологічні дослідження, які оцінюють вплив енергетичних реформ на сталий розвиток та екологічну безпеку; 4) практичні приклади впровадження цифрових технологій у сфері енергетики, включаючи автоматизацію процесів, розвиток штучного інтелекту для підвищення ефективності управління енергоресурсами.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: системного аналізу (дозволив розглядати нормативно-правові,

екологічні та цифрові аспекти енергетичної трансформації як взаємопов'язані елементи єдиної системи; порівняльного аналізу (для оцінки ефективності законодавчих підходів, екологічних ініціатив та цифрових рішень у різних країнах); логічного узагальнення, що сприяло формулюванню висновків щодо основних викликів і перспектив енергетичної трансформації.

Результати. У науковій статті розглянуто нормативно-правові, екологічні та цифрові аспекти енергетичної трансформації України у контексті її переходу до вуглецево-нейтральної економіки. Акцентовано увагу на гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами, імплементації Паризької угоди та адаптації до положень Європейського зеленого курсу. Проаналізовано ключові законодавчі ініціативи, що сприяють розвитку відновлюваної енергетики, підвищенню енергоефективності та впровадженню ринкових механізмів регулювання викидів парникових газів. Наведено приклади успішних ініціатив, таких як розвиток водневої енергетики та реалізація «Водневого коридору Україна–ЄС», що підтверджують стратегічну важливість правового забезпечення для сталого енергетичного розвитку країни.

Досліджується важливість енергетичної трансформації, яка передбачає скорочення вуглецевого сліду та перехід на відновлювані джерела енергії. Проаналізовано зв'язок між доступом до енергії та рівнем людського розвитку, зокрема на основі даних *Total Energies Energy Outlook*. Досліджено зростання попиту на електромобілі та їхній вплив на скорочення викидів у транспортному секторі, а також заходи, що сприяють розвитку електромобільного транспорту в різних країнах, зокрема в Україні. Розглянуто роль державної політики у стимулюванні розвитку чистої енергетики, зокрема в контексті відмови від вугілля та диверсифікації енергетичних джерел. Окрему увагу приділено динаміці впровадження сонячної, вітрової та біоенергетики в Україні, включаючи

зростання потужностей дахових сонячних електростанцій та біометанових заводів.

Розглядається роль цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту (ШІ), у трансформації енергетичного сектору та досягненні вуглецево-нейтральної економіки. Встановлено, що ШІ сприяє підвищенню ефективності управління енергосистемами, оптимізації виробництва та споживання енергії. Особливу увагу приділено розвитку розумних енергомереж (Smart Grids), прогнозуванню виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, управлінню викидами та моніторингу стану обладнання. Також аналізуються ключові виклики цифровізації енергетики, зокрема питання кібербезпеки, значних інвестиційних витрат і залежності від якості даних. Висвітлюється необхідність законодавчого стимулювання впровадження цифрових технологій та наголошується на важливості розробки інноваційних рішень для балансування зростаючого попиту на енергію та екологічної стійкості.

Перспективи. В подальших наукових дослідженнях пропонується зосередити увагу на вивчення економічних та соціальних аспектів переходу до вуглецево-нейтральної економіки, зокрема питання фінансування екологічних ініціатив, розробки механізмів підтримки підприємств у сфері чистої енергетики та оцінки довгострокового впливу трансформації на ринок праці. Окремої уваги потребує кадровий аспект енергетичної трансформації. Зростаючий попит на висококваліфікованих спеціалістів у сфері відновлюваної енергетики вимагає оновлення освітніх програм та створення стимулів для розвитку наукових досліджень у цій галузі.

Ключові слова: енергетичний перехід, вуглецево-нейтральна економіка, сталий розвиток, енергетична безпека, нормативно-правові аспекти, відновлювані джерела енергії, цифровізація енергетики, штучний інтелект.

Summary. *Introduction.* The modern energy transformation is a crucial stage in the development of the global economy, aimed at ensuring energy security, sustainable development, and environmental balance. Amid the growing need to reduce carbon emissions and efficiently utilize energy resources, countries worldwide are actively implementing regulatory mechanisms, environmental initiatives, and digital technologies to modernize the energy sector. However, the implementation of energy transformation is accompanied by numerous challenges, including imperfect legal regulation, high costs of environmental initiatives, and technological barriers to the digitalization of the industry. In this regard, there is a need for a comprehensive analysis of the regulatory, environmental, and digital aspects of energy transformation to identify key challenges and prospects for the further development of the sector.

Purpose. The purpose of this study is to analyze the regulatory, environmental, and digital aspects of energy transformation, as well as to identify key challenges and unresolved issues in this area. In particular, the study examines the need to harmonize national legislation with international standards, assesses the impact of environmental initiatives on sustainable development, and explores the prospects for implementing digital technologies in the energy sector.

Materials and methods. The study materials include: 1) scientific publications by Ukrainian and foreign researchers on energy transition, energy use, and sustainable development of energy enterprises; 2) regulatory acts, international agreements, and scientific publications analyzing the legislative aspects of energy transformation, including the harmonization of national legislation with international standards; 3) analytical reports, statistical data, and environmental studies evaluating the impact of energy reforms on sustainable development and environmental security; 4) practical examples of digital technology implementation in the energy sector, including process automation and artificial intelligence development to enhance energy resource management efficiency.

The research employs the following scientific methods: system analysis (allowing for the examination of regulatory, environmental, and digital aspects of energy transformation as interconnected elements of a unified system); comparative analysis (to assess the effectiveness of legislative approaches, environmental initiatives, and digital solutions in different countries); and logical generalization, which facilitated the formulation of conclusions regarding the key challenges and prospects of energy transformation.

Results. This study examines the regulatory, environmental, and digital aspects of Ukraine's energy transformation in the context of its transition to a carbon-neutral economy. Particular attention is given to the harmonization of national legislation with European standards, the implementation of the Paris Agreement, and adaptation to the provisions of the European Green Deal. The study analyzes key legislative initiatives that promote the development of renewable energy, increase energy efficiency, and implement market-based mechanisms for regulating greenhouse gas emissions. Examples of successful initiatives, such as the development of hydrogen energy and the implementation of the "Ukraine–EU Hydrogen Corridor," confirm the strategic importance of legal frameworks for the sustainable energy development of the country.

The research highlights the importance of energy transformation, which involves reducing the carbon footprint and transitioning to renewable energy sources. The link between energy access and human development levels is analyzed, particularly based on data from the Total Energies Energy Outlook. The study explores the growing demand for electric vehicles and their impact on reducing emissions in the transportation sector, as well as measures that support the development of electric transport in various countries, including Ukraine. The role of state policy in stimulating clean energy development is examined, especially in the context of phasing out coal and diversifying energy sources. Particular attention is paid to the dynamics of solar, wind, and bioenergy

deployment in Ukraine, including the expansion of rooftop solar power plants and biomethane facilities.

The study also considers the role of digital technologies, particularly artificial intelligence (AI), in transforming the energy sector and achieving a carbon-neutral economy. It has been established that AI contributes to improving energy system management efficiency, optimizing energy production and consumption. Special attention is given to the development of smart grids, renewable energy generation forecasting, emissions management, and equipment condition monitoring. Key challenges of energy sector digitalization are also analyzed, including cybersecurity issues, significant investment costs, and dependence on data quality. The study highlights the need for legislative incentives to implement digital technologies and emphasizes the importance of developing innovative solutions to balance the growing energy demand with environmental sustainability.

Discussion. Future research should focus on the economic and social aspects of transitioning to a carbon-neutral economy, particularly the financing of environmental initiatives, the development of support mechanisms for clean energy enterprises, and the assessment of the long-term impact of transformation on the labor market. The human resource aspect of energy transformation requires special attention. The growing demand for highly qualified specialists in renewable energy necessitates updates to educational programs and the creation of incentives for scientific research in this field.

Key words: energy transition, carbon-neutral economy, sustainable development, energy security, regulatory aspects, renewable energy sources, energy sector digitization, artificial intelligence.

Постановка проблеми. Енергетична трансформація України є стратегічним викликом, який охоплює взаємопов'язані нормативно-правові, екологічні та цифрові аспекти. У сучасних умовах цей процес

визначає траєкторію сталого розвитку країни, її адаптацію до глобальних змін клімату та інтеграцію до європейського енергетичного простору. Проте, забезпечення такого переходу вимагає розв'язання низки проблем, що впливають на всі рівні функціонування енергетичного сектора.

Одна з ключових проблем — недосконалість нормативно-правової бази. Україна поступово імплементує європейські директиви у сфері відновлюваної енергетики, енергоефективності та скорочення викидів, проте регуляторне середовище залишається фрагментарним. Це створює перепони для розвитку інноваційних рішень і стримує залучення приватних інвестицій, необхідних для модернізації галузі. Водночас слабка прозорість енергетичних ринків підриває довіру з боку бізнесу й громадськості, що уповільнює створення конкурентного середовища.

Екологічні виклики ще більше загострюють проблему. Залежність України від викопного палива спричиняє значний негативний вплив на довкілля та збільшує вуглецевий слід. В умовах глобального руху до декарбонізації країна змушена зменшувати частку традиційних джерел енергії та активно впроваджувати відновлювані джерела, такі як вітрова та сонячна енергетика, біометан. Однак, значне зношення енергетичної інфраструктури ускладнює інтеграцію нових технологій, а відсутність державної підтримки для «зелених» проєктів створює додаткові ризики.

Цифровізація енергетики є ще одним важливим напрямом трансформації. Сучасні технології, такі як блокчейн, смарт-мережі та автоматизовані системи управління, здатні радикально підвищити ефективність галузі. Вони сприяють зниженню втрат енергії, оптимізації процесів та забезпечують прозорість операцій. Проте, низький рівень цифрової інфраструктури, відсутність інтеграції інновацій у національні системи та дефіцит кадрів стримують впровадження цих рішень.

Отже, енергетична трансформація України потребує комплексного підходу, який враховує взаємозв'язок нормативно-правових, екологічних і

цифрових аспектів. Лише гармонізація цих елементів дозволить створити конкурентоспроможну, екологічно безпечну та технологічно адаптовану енергетичну систему. Успіх цього переходу визначить не лише енергетичну незалежність України, але й її здатність відповідати викликам часу, забезпечуючи сталий розвиток для майбутніх поколінь.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема енергетичної трансформації, зокрема в аспектах регуляторної політики, екологічних викликів та цифровізації, стала об'єктом уваги багатьох дослідників і міжнародних організацій та компаній [1].

У статті «Принципи та інструменти енергетичної трансформації в ЄС: правові аспекти» [2] Хомин В.С. досліджує ключові принципи та правові механізми енергетичної трансформації, які використовуються в країнах Європейського Союзу для досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Основну увагу приділено правовим аспектам Європейського зеленого курсу (European Green Deal) як стратегічної платформи для енергетичних реформ. Автор підкреслює важливість гармонізації українського законодавства з правовими нормами ЄС, особливо у сферах розвитку відновлюваної енергетики, запровадження системи торгівлі викидами та підвищення енергоефективності. Основний висновок автора — успішна енергетична трансформація можлива лише за умови комплексного підходу, що включає правове регулювання, фінансову підтримку та технологічні інновації.

Серед інших досліджень слід звернути увагу на роботу Вовк В.Ю. та Красносельської А.А. «Еколого-економічні аспекти трансформації енергетичного забезпечення України в умовах війни та повоєнного відновлення» [3]. У статті автори аналізують вплив військових дій на енергетичну систему України та визначають стратегічні напрями її трансформації в повоєнний період. Особливу увагу приділено екологічним та економічним викликам, зокрема зниженню енергетичної безпеки,

руйнуванню критичної інфраструктури, а також необхідності відновлення галузі з урахуванням сучасних екологічних стандартів і переходу до стійкої енергетичної моделі. Автори підкреслюють, що ключовими пріоритетами є підвищення енергоефективності, децентралізація енергопостачання, розвиток відновлюваних джерел енергії та впровадження «зелених» технологій. Економічний аспект статті охоплює питання фінансування відновлення енергетичної галузі, залучення міжнародної допомоги та інвестицій, а також формування сприятливого нормативно-правового середовища для розвитку «зеленої» енергетики. Стаття акцентує на необхідності комплексного підходу до відновлення енергетичного сектору з фокусом на екологічну стійкість і забезпечення національної енергетичної безпеки.

Наприклад, у статті Токунова А.В. та Рошканюк В.М. «Роль концепції бізнесу і прав людини у досягненні цілей «зеленої» енергетичної трансформації в Україні» [4] аналізуються стратегічні плани України щодо зеленої енергетичної трансформації як ключового елемента відновлення країни. Зокрема, увага зосереджується на ролі бізнесу та прав людини в імплементації Європейського зеленого курсу.

Олена Чигрин, Олексій Гавриленко та Катерина Шевченко у статті «Розумна трансформація енергетичної галузі: основні принципи та компоненти» [5] досліджують концепцію розумної трансформації енергетики в умовах глобальних викликів, зокрема екологічних і технологічних. Основна увага зосереджується на інтеграції цифрових рішень, які сприяють підвищенню ефективності енергетичних систем і переходу до сталого розвитку. Автори визначають ключові принципи трансформації, такі як децентралізація, цифровізація та інтеграція відновлюваних джерел енергії. Особливу увагу приділено екологічним аспектам трансформації, зокрема зниженню викидів парникових газів і підвищенню енергоефективності. Також розглядаються нормативно-

правові виклики, пов'язані з впровадженням цифрових технологій в енергетику.

Останні дослідження підтверджують важливість комплексного підходу до трансформації енергетичного сектору, що передбачає не лише технічні зміни, а й адаптацію нормативної бази та економічні стимули для впровадження інноваційних рішень.

Метою статті є аналіз нормативно-правових, екологічних та цифрових аспектів енергетичної трансформації, а також визначення основних викликів і невирішених питань у цій сфері. Зокрема, досліджується необхідність гармонізації національного законодавства з міжнародними стандартами, оцінюється вплив екологічних ініціатив на сталий розвиток та розглядаються перспективи впровадження цифрових технологій у сфері енергетики.

Матеріали і методи. Матеріалами дослідження є: 1) наукові публікації українських та зарубіжних дослідників, присвячені питанням енергетичного переходу, використання енергії та сталого розвитку підприємств енергетичного комплексу; 2) нормативно-правові акти, міжнародні угоди та наукові публікації, що аналізують законодавчі аспекти енергетичної трансформації, включаючи гармонізацію національного законодавства з міжнародними стандартами; 3) аналітичні звіти, статистичні дані та екологічні дослідження, які оцінюють вплив енергетичних реформ на сталий розвиток та екологічну безпеку; 4) практичні приклади впровадження цифрових технологій у сфері енергетики, включаючи автоматизацію процесів, розвиток штучного інтелекту для підвищення ефективності управління енергоресурсами.

В процесі здійснення дослідження було використано наступні наукові методи: системного аналізу (дозволив розглядати нормативно-правові, екологічні та цифрові аспекти енергетичної трансформації як взаємопов'язані елементи єдиної системи; порівняльного аналізу (для

оцінки ефективності законодавчих підходів, екологічних ініціатив та цифрових рішень у різних країнах); логічного узагальнення, що сприяло формулюванню висновків щодо основних викликів і перспектив енергетичної трансформації.

Виклад основного матеріалу. Перехід до вуглецево- нейтральної економіки є невід’ємною частиною сучасної політики сталого розвитку. Для України цей процес набуває особливого значення в умовах зростаючої екологічної кризи, енергетичної залежності та зобов’язань перед міжнародною спільнотою.

Одним із ключових інструментів для досягнення поставлених цілей є створення ефективної нормативно-правової бази, яка регулює процес енергетичної трансформації. Досвід країн Європейського Союзу свідчить про важливість правового забезпечення на кожному етапі переходу — від формування стратегічних пріоритетів до впровадження конкретних механізмів і фінансових стимулів. Україна, як учасниця міжнародних кліматичних угод і стратегічний партнер Європейського Союзу, зобов’язалася адаптувати своє законодавство до стандартів ЄС та забезпечити поступовий перехід до низьковуглецевої економіки.

На міжнародному рівні основним правовим орієнтиром для України є Паризька угода [6], яка визначає глобальні зобов’язання щодо обмеження зростання середньої температури планети на рівні не більше 1,5–2°C порівняно з доіндустріальним періодом. Ця угода зобов’язує країну скоротити викиди парникових газів та сприяти розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). У рамках цієї угоди Національно визначений внесок (НВВ) України передбачає скорочення викидів парникових газів на 65% до 2030 року порівняно з рівнем 1990 року. Реалізація цього завдання передбачає не лише зміну енергетичної структури економіки, а й адаптацію національного законодавства до європейських стандартів.

Одним із головних стратегічних документів, який визначає правові рамки енергетичної трансформації, є Європейський зелений курс (European Green Deal) [7]. Цей курс став основою для розробки національної стратегії України з декарбонізації, яка охоплює такі напрями, як відновлювана енергетика, підвищення енергоефективності, впровадження чистих технологій та створення системи моніторингу викидів парникових газів. Крім того, інтеграція до Європейського зеленого курсу визначає необхідність узгодження політик у сфері енергетики, транспорту, промисловості та сільського господарства з метою досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року.

Основні напрями державної політики у сфері енергетичного переходу визначені в Енергетичній стратегії України до 2050 року [8] та Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року [9]. Ці документи передбачають зменшення залежності від викопних видів палива, нарощування частки відновлюваної енергетики та стимулювання впровадження енергоефективних технологій.

На законодавчому рівні Україна вже зробила важливі кроки у напрямку енергетичної трансформації. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [10] стимулював розвиток відновлюваної енергетики, заклавши основи для впровадження сонячних, вітрових, гідро- та біоенергетичних проєктів. Введення «зеленого» тарифу дозволило суттєво наростити потужності у сфері відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що стало важливим кроком для скорочення вуглецевого сліду. Однак для подальшого розвитку необхідно запровадити більш сучасні механізми, такі як система аукціонів, що забезпечує прозорість і конкурентоспроможність на ринку відновлюваної енергії.

Ще одним важливим нормативним актом є Закон «Про ринок електричної енергії» [11], який створює умови для інтеграції ВДЕ в енергосистему та сприяє розвитку децентралізованої генерації. Це дозволяє

місцевим громадам і приватним компаніям брати активну участь у процесі трансформації, використовуючи можливості самостійного виробництва «зеленої» енергії. Водночас впровадження цього закону вимагає адаптації до сучасних технологічних викликів, таких як балансування енергосистеми в умовах зростаючої частки ВДЕ.

Не менш важливим напрямом є підвищення енергоефективності. Закон України «Про енергетичну ефективність» [12] створює правову основу для зменшення споживання енергоресурсів у промисловості, транспорті та житловому секторі. Особливий акцент робиться на впровадженні енергетичних аудитів, сертифікації будівель та модернізації об'єктів інфраструктури. Успішними прикладами в цьому контексті є проєкти з термомодернізації житлових будинків та модернізації систем теплопостачання в українських містах.

Ключовим інструментом для регулювання викидів стане система торгівлі квотами на викиди парникових газів, яка нині перебуває на стадії розробки [13]. Ця система передбачає економічні стимули для підприємств, спрямовані на зниження викидів: кожна тонна CO₂ матиме свою вартість, що спонукатиме компанії інвестувати у «зелені» технології. Аналогічна система вже давно ефективно працює в ЄС і є важливим джерелом фінансування екологічних ініціатив.

Паралельно з розвитком законодавства важливу роль відіграють фінансові інструменти підтримки енергетичної трансформації. Держава активно співпрацює з міжнародними фінансовими установами, такими як Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) і Світовий банк, для залучення інвестицій у «зелені» проєкти. «Зелені» облігації стають перспективним механізмом фінансування, що дозволяє акумулювати кошти для проєктів із декарбонізації економіки.

Прикладом успішного застосування нормативно-правових механізмів є проєкти на місцевому рівні. Так, у місті Житомир реалізовано перехід

системи централізованого теплопостачання на біомасу, що дозволило значно скоротити споживання природного газу та зменшити викиди CO₂ [14]. Такі приклади підтверджують ефективність поєднання нормативно-правового регулювання з фінансовою підтримкою та технологічними інноваціями.

Зробивши значний крок на шляху до посилення європейської енергетичної безпеки, Оператор ГТС України разом з кількома ключовими організаціями та компаніями підписав Меморандум про взаєморозуміння щодо створення та підтримки реалізації «Водневого коридору Україна–ЄС» [15].

Ця ініціатива спрямована на майбутній розвиток відновлюваної енергетики та виробництва водню в Україні та сприяння його транспортуванню трубопроводами через Словаччину, Чехію, Австрію та Німеччину для використання в цих країнах після 2030 року. Цей консорціум є логічним наступним кроком на шляху реалізації «Меморандуму про взаєморозуміння між Україною та Європейським Союзом щодо стратегічного партнерства у сфері біометану, водню та інших синтетичних газів» [16], підписаного у 2023 році, а також втілення у життя дискусій під час Конференції з відновлення України (URC) у Берліні в червні минулого року. Ініціатива не лише зміцнює позицію України як ключового енергетичного партнера Центральної Європи, але й обіцяє значні вигоди для українського народу, створюючи в майбутньому робочі місця, сприяючи економічному зростанню та підтримуючи перехід країни до сталого енергетичного майбутнього.

Коридор передбачатиме виробництво відновлюваного водню в Україні, використовуючи значний потенціал відновлюваної енергетики країни. Потім водень буде транспортуватися через існуючу мережу трубопроводів, частину яких планується перепрофілювати під водень, до Словаччини, Чехії, Австрії та Німеччини, забезпечуючи надійне і

конкурентоспроможне постачання «зеленого» водню для регіону Центральної Європи після 2030 року.

Меморандум про взаєморозуміння також підкреслює важливість спільних зусиль у сфері інвестицій в інфраструктуру та узгодження нормативно-правової бази для забезпечення успішної реалізації проекту. Очікується, що співпраця між підписантами прокладе шлях для майбутніх досягнень у водневому секторі та зміцнить зв'язки між Україною та ЄС. Створення консорціуму було ініційовано Платформою зеленого промислового відновлення України, яку очолює компанія Systemiq, за підтримки Breakthrough Energy, McKinsey and Company та за підтримки Міністерства економіки та Міністерства енергетики України.

Таким чином, нормативно-правові аспекти енергетичної трансформації є основою для досягнення цілей вуглецево нейтральної економіки. Гармонізація національного законодавства з європейськими нормами, впровадження сучасних ринкових механізмів регулювання викидів та стимулювання інновацій створюють необхідне правове середовище для сталого розвитку. Україна має значний потенціал для успішної енергетичної трансформації, і його реалізація залежить від ефективної імплементації правових норм та політичної волі.

Перехід до вуглецево нейтральної економіки є однією з головних стратегічних цілей сучасного світу, адже глобальне потепління та зміна клімату дедалі більше впливають на природні системи, економіку та здоров'я людей. Основним джерелом викидів парникових газів є енергетичний сектор, який залежить від викопного палива — вугілля, нафти та природного газу. Енергетична трансформація, спрямована на зменшення вуглецевого сліду, має ключове значення для збереження довкілля та забезпечення сталого розвитку.

Сьогодні близько 4,5 мільярдів людей мають доступ до рівня енергії, який є нижчим за той, який вважається необхідним для задовільного

людського розвитку, особливо з точки зору доступу до медичної допомоги та освіти. Індекс людського розвитку ООН (ІЛР) вимірює добробут з точки зору здоров'я, освіти та рівня життя (ВВП). Згідно даних Total Energies Energy Outlook - November 4th, 2024 [1] ІЛР різко зростає, якщо доступ до енергії становить 70 ГДж/особу. Спостерігається, що з доступом до енергії з показником понад 240 ГДж/особу приріст енергії не призводить до суттєвого покращення людського розвитку. Отже, можна зробити висновок, що доступ до енергії має важливе значення для людського розвитку.

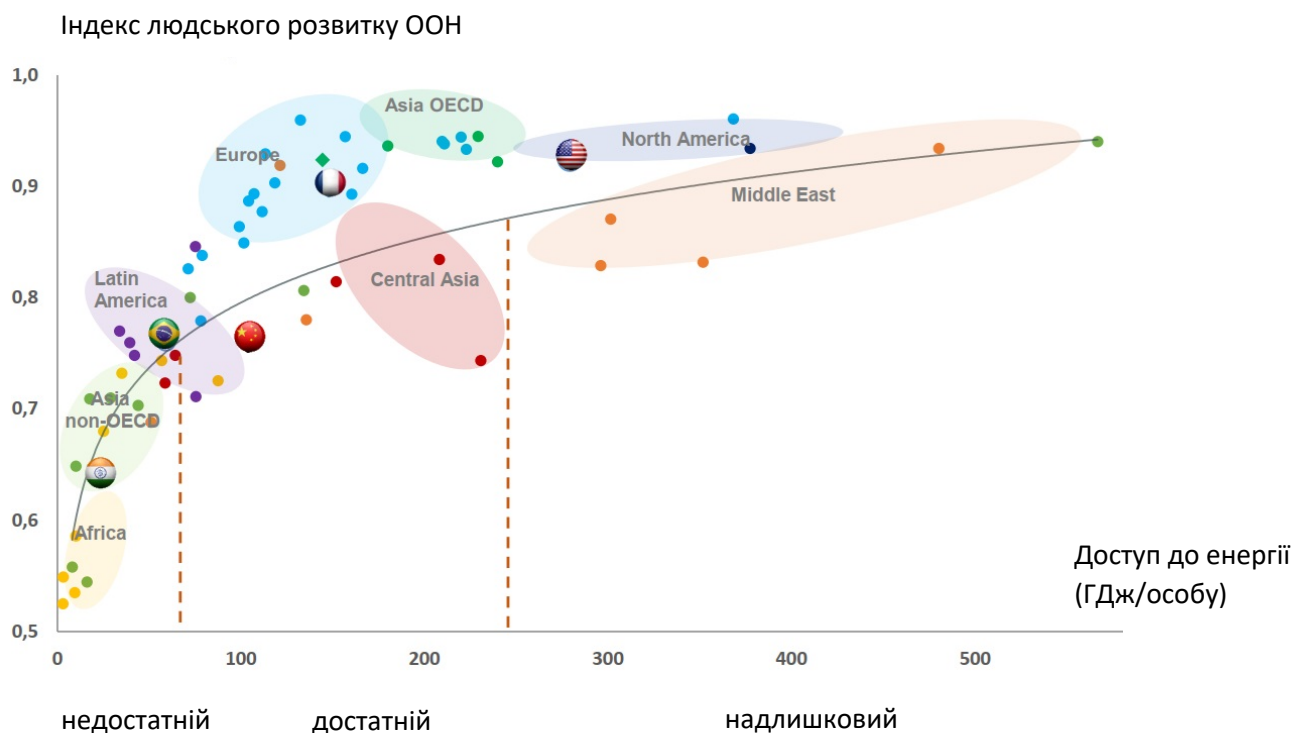


Рис. 1. Залежність людського розвитку від доступу до енергії

Джерело: Total Energies Energy Outlook - November 4th, 2024

Демографічні прогнози показують, що до 2050 року населення світу збільшиться на 1,7 мільярда в Індії та на Глобальному Півдні. Забезпечення достатнього доступу до енергії для всього населення світу сьогодні вимагає потроєння енергії, яка доступна в найменш розвинених країнах. Враховуючи прогнозоване зростання населення до 2050 року, глобальна потреба в енергії може зрости вчетверо порівняно з сьогоdnішнім рівнем.

Таким чином, наше спільне завдання полягає в тому, щоб зменшити викиди парникових газів, одночасно відповідаючи на законний попит на збільшення енергії для населення країн, що розвиваються.

Аналіз за географічними зонами показує, що підвищення рівня життя, особливо в Індії та Китаї, є головною рушійною силою збільшення попиту на енергію в останні роки.

Деякі технології з низьким вмістом вуглецю, зокрема сонячні панелі та електромобілі, досягли достатнього прогресу, щоб розгортатися у великих масштабах, а також бути економічно конкурентоспроможними для споживачів, за умови, що в той же час електромережі отримують достатні інвестиції. У 2024 році ринок електромобілів у всьому світі зріс (рис. 2). У споживачів з'явилося більше можливостей для купівлі електромобілів, ніж будь-коли, після хвилі нових моделей від таких автовиробників, як Ford, Toyota і Rivian.

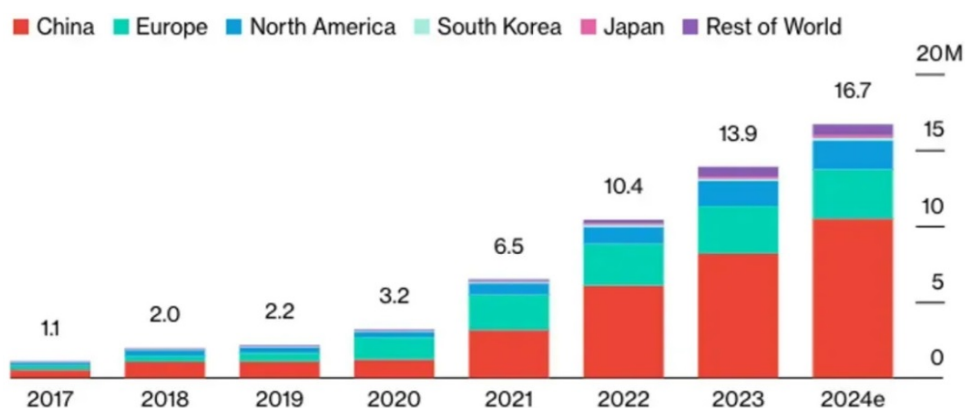


Рис. 2. Щорічні продажі електромобілів за регіонами

Джерело: BloombergNEF, MarkLines, Jato Dynamics

Перехід на електромобілі дозволяє значно скоротити викиди вуглекислого газу в транспортному секторі. Традиційні автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння є значними джерелами забруднення повітря, особливо у великих містах. Розвиток електромобільного транспорту підтримується на державному рівні в багатьох країнах. Наприклад, Норвегія стала світовим лідером у цьому напрямі: понад 80%

нових автомобілів, що продаються в країні, є електромобілями, і уряд планує повністю заборонити продаж бензинових і дизельних авто [17] до 2025 року. У ЄС та Китаї також активно впроваджуються державні програми субсидування придбання електромобілів та розвитку зарядної інфраструктури.

В Україні перехід на електромобілі теж набирає обертів. Держава стимулює цей процес шляхом скасування податків на імпорт електромобілів та розширення мережі зарядних станцій. Зростання попиту на електромобілі вже спостерігається у великих містах, і з кожним роком цей тренд посилюється. Крім того, розвиток екологічного транспорту сприяє зменшенню залежності від імпорту нафтопродуктів і скороченню викидів.

Екологічні переваги переходу на чисті джерела енергії та електротранспорт очевидні. Відмова від викопного палива зменшує не лише викиди парникових газів, а й локальне забруднення повітря, що позитивно впливає на здоров'я населення. Дослідження Всесвітньої організації охорони здоров'я показують, що зниження рівня забруднення повітря може суттєво зменшити захворюваність на хронічні респіраторні та серцево-судинні хвороби [18].

Вугілля — найбільш «брудне» джерело енергії — поступово втрачає своє значення у світі. Європейський Союз та низка інших країн взяли на себе зобов'язання відмовитися від використання вугілля в енергетичному секторі. Німеччина, наприклад, планує повністю закрити свої вугільні електростанції до 2038 року, а Велика Британія — ще раніше, до 2024 року. Заміщення вугільних електростанцій вітровими парками дає змогу знизити викиди CO₂ на десятки тисяч тонн щороку.

В Україні відмова від вугілля також стає актуальною, особливо з огляду на те, що значна частина теплоелектростанцій (ТЕС) пошкоджена внаслідок бойових дій. З початку повномасштабного вторгнення в Україні

є зруйнованими та окупованими 42% генеруючих потужностей енергосистеми. Найбільшим окупованим об'єктом є Запорізька АЕС (6 ГВт), а найсуттєвіших втрат зазнала теплогенерація, в структурі якої 87% вугільних ТЕЦ є безповоротно втраченими. Руйнації та пошкодження зазнали 2,3 тисячі МВт потужностей гідрогенерації. Якщо територіально аналізувати зони пошкодження, то найбільших втрат зазнали генеруючі потужності регіонів, наближених до зони бойових дій, що до обстрілів енергосистеми були енергетично профіцитними, а наразі мають дефіцит електричної енергії. Також, є руйнування великих генеруючих об'єктів у глибокому тилу, зокрема, на Закарпатті, Прикарпатті та Поділлі.

На початку 2025 року Президент України під час Ukraine Recovery Conference (м. Берлін, Федеративна Республіка Німеччина), дав чіткий посил енергетикам у будівництві в найближчій перспективі до 1 ГВт газової генерації. За 2024 рік в Україні активно вводились в експлуатацію малі ТЕЦ та когенераційні установки: 14 установок сумарною потужністю 32,787 МВт, з них 8 установок до 1 МВт (загальною потужністю 3,86 МВт) та 6 потужністю від 1 до 20 МВт (із загальною потужністю (28,987 МВт). Це є своєрідним рекордом за весь період Незалежності України, починаючи із 1991 року.

Перехід від нафти та природного газу до чистих джерел енергії є ще одним важливим екологічним завданням. Світові тенденції свідчать про поступове скорочення видобутку нафти й газу, зокрема через впровадження відновлюваних джерел енергії та технологій зберігання енергії. Уряди багатьох країн активно підтримують цей процес. Наприклад, Данія вже припинила видачу нових ліцензій на видобуток нафти й газу в Північному морі [19]. Україна, як і більшість країн Європи, має зменшувати залежність від викопного палива та збільшувати частку ВДЕ в енергетичному балансі.

Відновлення енергетичної інфраструктури створює унікальну можливість переходу на чисті види енергії, зокрема на сонячну, вітрову та біоенергетику.

Окремої уваги заслуговує бізнес, який за перше півріччя 2024 року ввів в експлуатацію 212,43 МВт (за даними реєстрів ДІАМ) сонячних дахових електростанцій без підключення до мереж. А у другому півріччі 2024 додатково введено в експлуатацію 384,96 МВт дахових сонячних електростанцій для власного споживання. Експертно, за результатами опитувань керівників найбільших компаній, що будують сонячні електростанції для власного споживання приватних домогосподарств, ними побудовано 28,58 МВт таких потужностей. Слід нагадати, що на 1 січня 2022 року Україна мала 1,1 ГВт сонячних електростанцій приватних домогосподарств [20, с. 11].

Крім того, минулий 2024 рік був не визначальним для будівництва та введенням в експлуатацію промислових вітроелектростанцій, оскільки сумарно побудовано 44,6 МВт (за даними вітроенергетичної асоціації), а у 2023 - 238 МВт. Так, найпотужнішими об'єктами стали: Сколівська ВЕС (компанія ЕКО-Оптіма у Львівській області), перший вітрогенератор на Закарпатті біля міста Перечин та 2 об'єкти, що збудували локальні агропідприємства (біля міста Кам'янець-Подільський на Хмельниччині та Кременець на Тернопільщині). Отже, сумарно маємо встановлену потужність розподіленої генерації 944,767 МВт, з них підключені до електромереж 106,374 МВт [20, с. 11].

Станом на січень 2025 року в Україні працює три біометанових заводи, упродовж року очікується запуск ще чотирьох. Перші два біометанові заводи мають потужність по 3 млн кубометрів біометану на рік, третій - 11 млн кубометрів. Виробники уже ведуть переговори із потенційними покупцями цього газу, й очікуються новини про початок

експорту уже найближчим часом. У разі роботи семи біометанових заводів річне виробництво біометану становитиме 111 млн м³ [20, с. 80].

Крім того, екологічна трансформація енергетичного сектору створює нові можливості для економічного зростання, залучення інвестицій та створення робочих місць. Україна має значний потенціал у сфері сонячної та вітрової енергетики, а також у виробництві біопалива. Успішне використання цього потенціалу дозволить зменшити залежність від викопного палива, покращити екологічну ситуацію та забезпечити сталий розвиток країни.

Таким чином, екологічні аспекти енергетичної трансформації тісно пов'язані зі скороченням використання вугілля, нафти та природного газу, розвитком відновлюваних джерел енергії та переходом на електротранспорт. Цей процес потребує комплексного підходу, зокрема нормативно-правового регулювання, державної підтримки та технологічних інновацій. Однак реалізація цих кроків стане важливим внеском у збереження довкілля для майбутніх поколінь та створить більш стійку, безпечну енергетичну систему.

Інтеграція цифрових технологій в енергетику стала основним чинником переходу до вуглецево-нейтральної економіки, що визначає сучасні стратегії декарбонізації. Здійснення енергетичного переходу, розширення використання ВДЕ, підвищення гнучкості енергетичних систем та попиту на енергію потребує значних інвестицій у модернізацію енергетичної інфраструктури. Старі системи, які досі використовуються в енергетиці України, часто не сумісні з сучасними технологіями, що створює додаткові виклики. Бізнес-моделі, базовані на використанні цифрових технологій, уможливають цю модернізацію дешевшими та ефективнішими способами.

Цифровізація енергетики ґрунтується на поєднанні великих даних (Big Data), інтернету речей (IoT), хмарних технологій та штучного

інтелекту. Ці інструменти дозволяють аналізувати величезні масиви інформації про споживання, виробництво та передачу енергії в реальному часі, що дає змогу приймати точніші та більш оперативні рішення. Особливо це важливо в контексті зростання частки відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергетика, які мають непередбачуваний характер генерації.

У цьому процесі особливе місце посідає штучний інтелект (ШІ), який дозволяє оптимізувати управління енергетичними системами, прогнозувати попит і виробництво енергії, а також мінімізувати викиди парникових газів. Це відкриває нові горизонти у досягненні кліматичних цілей і забезпечує поступовий перехід до стійкої економіки майбутнього.

ШІ є інструментом успішної трансформації енергетичного сектора, оскільки дозволяє інтегрувати новітні та перспективні технологічні новації в енергетиці та обумовлені ними зміни в організації функціонування систем енергозабезпечення (децентралізація виробництва та розподілення енергії та електрифікації різноманітних технологічних процесів). Децентралізація зумовлена збільшенням розгортання малих розподілених географічно генеруючих потужностей, наприклад таких як сонячні та вітрові електростанції, які підключаються до локальної розподільчої мережі. Електрифікація транспорту та будівель (опалення та охолодження), побутового споживання, включає в себе велику кількість нових навантажень, таких як електротранспорт, теплові насоси та електричні котли, побутові роботи тощо. Усі ці нові активи на боці попиту та пропозиції ускладнюють енергетичний сектор, водночас роблячи застосування ШІ для моніторингу, управління та контролю вирішальним чинником успіху енергетичної трансформації.

Одним із ключових аспектів цифрової трансформації є розвиток розумних енергомереж (Smart Grids), які працюють на основі алгоритмів ШІ. Такі мережі забезпечують автоматизоване управління потоками енергії,

оперативно реагують на зміни в мережі та дозволяють зменшити втрати при передачі електроенергії. Це значно знижує ризики перевантаження мережі, покращує балансування попиту та пропозиції та забезпечує стабільність енергетичних систем. Наприклад, вітрові станції на півдні України стикаються з проблемою нерівномірного навантаження на мережу, що можна вирішити за допомогою цифрових систем моніторингу та прогнозування. Штучний інтелект оптимізує процеси генерації та розподілу енергії, забезпечуючи зниження експлуатаційних витрат і скорочення вуглецевого сліду. Крім того, він дозволяє інтегрувати розподілені джерела енергії, такі як домашні сонячні станції або акумуляторні системи зберігання енергії, що робить споживачів активними учасниками енергетичного ринку.

Точне прогнозування режимів роботи ВДЕ допомагає підвищити ефективність роботи та надійність енергосистеми. Штучний інтелект дозволяє прогнозувати виробництво енергії з цих джерел, враховуючи метеорологічні дані, історичні закономірності та інші змінні. Дослідниками був розроблений алгоритм ШІ для прогнозування погодних умов із самонавчанням і технологія прогнозування виробництва енергії відновлюваної генерацією, що об'єднали великі набори історичних даних і вимірювань у реальному часі з місцевих метеостанцій, сенсорних мереж, супутників і камер зображення неба [21].

Впровадження технологій ШІ, для підвищення ефективності керування технологічним процесом на ТЕС реалізує компанія ДТЕК Енерго [22]. Впроваджені технології ШІ у режимі реального часу аналізують сотні параметрів і розраховують оптимальний режим використання обладнання в конкретний момент часу на основі історичних та поточних даних. За результатами аналізу даних ШІ надає машиністам підказки, наприклад, про те, де є можливість економніше використовувати паливо. За період реалізації проєкту у 2019-2020 роках загальний ефект від нього сягнув 480

млн грн — це вартість зекономленого палива (порівняно з тим періодом, коли машиністи не керувалися підказками ШІ).

Штучний інтелект також відіграє ключову роль у підвищенні енергоефективності в промисловості та будівлях. Алгоритми ШІ дозволяють оптимізувати споживання енергії, автоматично регулюючи роботу освітлення, систем опалення, вентиляції та кондиціонування відповідно до умов та потреб користувачів. Це сприяє зменшенню споживання енергії та зниженню операційних витрат, що є важливим кроком до досягнення кліматичних цілей.

Ще одним напрямом використання ШІ є прогнозування викидів та управління вуглецевим слідом. Завдяки аналізу даних про виробничі процеси, транспорт і споживання ресурсів, ШІ дозволяє оцінювати ефективність кліматичних стратегій і моделювати сценарії зменшення викидів CO₂. Це дає змогу урядам, підприємствам і організаціям приймати обґрунтовані рішення щодо скорочення вуглецевого сліду та підвищення екологічної стійкості. Особливо актуальним є використання ШІ в системах уловлювання та зберігання вуглецю (CCS), де він допомагає покращити ефективність процесів та оптимізувати витрати.

Не менш важливим аспектом є застосування ШІ для аналізу технічного стану обладнання у відновлюваній енергетиці. Це дозволяє виявляти потенційні несправності ще до їх виникнення, що знижує ризики аварій, мінімізує простої та продовжує термін експлуатації обладнання. Це особливо важливо для вітрових і сонячних станцій, де своєчасне технічне обслуговування значно впливає на загальну продуктивність і прибутковість.

Застосування новітніх енергетичних технологій загалом та цифрових технологій зокрема потребують законодавчого стимулювання. Прикладом такого законодавчого стимулювання розвитку цифрових технологій в системах електропостачання та, відповідно, використання технологій ШІ є

Директива ЄС про ринок електроенергії від 2019 року [23]. Водночас Україна знаходиться лише на початку цього довгого шляху і навіть вимога щодо адаптації законодавства України до положень законодавства ЄС не забезпечує швидкого запровадження законодавчих стимулів застосування ІІІ.

Втім, незважаючи на значний потенціал цифровізації енергетичного сектору, цей процес супроводжується і певними викликами. Одним із ключових ризиків є кібербезпека. Зі збільшенням кількості підключених до мережі пристроїв і систем зростає й ризик кібератак, які можуть мати серйозні наслідки для критичної інфраструктури. Крім того, впровадження цифрових технологій потребує значних фінансових інвестицій, що може бути перешкодою для країн, що розвиваються. Ще одним викликом є залежність від даних. Ефективність алгоритмів ІІІ значною мірою залежить від якості та доступності даних, що вимагає розробки відповідних регуляторних норм і політик для забезпечення прозорості та безпеки даних.

В міру того, як сектор штучного інтелекту стрімко розвивається, роль поновлюваних джерел енергії стає все більш важливою. Потреба в енергії для штучного інтелекту різко зростатиме, що може призвести до перевантаження поточних енергомереж та інфраструктури. У грудневому звіті Grid Strategies прогнозується, що постачальникам енергії потрібно буде додати до 128 гігават (ГВт) нових потужностей до 2029 року для задоволення попиту, що є помітним зростанням порівняно з оцінкою в 39 ГВт лише минулого 2024 року. Прогнозується, що до 2030 року центри обробки даних споживатимуть до 35 ГВт. Для задоволення попиту, не підриваючи водночас зусиль із декарбонізації, необхідно буде розробити інноваційні рішення в галузі стійкої енергетики та технології охолодження [20, с. 66].

Безумовно, самотійно жодна окрема технологія не є вирішенням всіх проблем, проте як частину сукупного інструментарію ІІІ створюють якісну

технологічну зміну, що дозволяє справлятися із викликами функціонування все більш складних енергетичних систем.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Енергетична трансформація є складним і багатовимірним процесом, що потребує комплексного підходу до нормативно-правового регулювання, екологічної політики та цифрової модернізації. Траєкторія розвитку чистих технологій значною мірою залежить від політичних рішень, інноваційних досягнень та глобального прагнення до сталого розвитку. Лідери галузі, здатні адаптуватися до нових викликів, відіграватимуть ключову роль у формуванні більш чистої та енергоефективної енергетичної системи.

Перехід до вуглецево-нейтральної економіки неможливий без активного використання цифрових технологій, які сприяють скороченню викидів, підвищенню ефективності управління ресурсами та створенню нових моделей енергетичних систем. Впровадження таких технологій забезпечить сталий розвиток галузі та відкриє можливості для оптимізації енергоспоживання.

Однак стрімкий розвиток енергетичного сектору супроводжується викликами, серед яких кадровий дефіцит. За даними Європейсько-Українського енергетичного агентства, в Україні у сфері відновлюваної енергетики працює понад 14 300 осіб, і потреба у фахівцях продовжує зростати. Зокрема, високий попит мають інженери, проектувальники, монтажники та спеціалісти з охорони праці. Таким чином, система освіти та професійної підготовки має адаптуватися до нових реалій, створюючи умови для розвитку висококваліфікованих кадрів.

Завдяки комплексному підходу Україна має потенціал стати регіональним лідером у сфері зеленої енергетики, що сприятиме зміцненню енергетичної безпеки, покращенню екологічної ситуації та відкриттю нових економічних можливостей. Проте для реалізації цього потенціалу необхідні

узгоджені дії держави, бізнесу та міжнародних партнерів, зокрема в частині інвестицій в інфраструктуру, наукові дослідження та освітні ініціативи.

Подальші наукові дослідження мають бути спрямовані на вивчення економічних та соціальних аспектів переходу до вуглецево-нейтральної економіки, зокрема питання фінансування екологічних ініціатив, розробки механізмів підтримки підприємств у сфері чистої енергетики та оцінки довгострокового впливу трансформації на ринок праці. Окремої уваги потребує кадровий аспект енергетичної трансформації. Зростаючий попит на висококваліфікованих спеціалістів у сфері відновлюваної енергетики вимагає оновлення освітніх програм та створення стимулів для розвитку наукових досліджень у цій галузі.

Література

1. TotalEnergies Energy Outlook – November 4th, 2024. URL: https://totalenergies.com/sites/g/files/nytnzq121/files/documents/totalenergies_TotalEnergies_presentation_Energy_Outlook_2024_EN.pdf (дата звернення: 25.01.2025).
2. Хомин В.С. Принципи та інструменти енергетичної трансформації в ЄС: правові аспекти. *Юридичний науковий журнал*. 2024. № 3. С. 223–229. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2024-3/50>.
3. Вовк В.Ю., Красносельська А.А. Еколого-економічні аспекти трансформації енергетичного забезпечення України в умовах війни та повоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*. 2023. № 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-82>.
4. Токунова А.В., Рошканюк В.М. Роль концепції бізнесу і прав людини у досягненні цілей «зеленої» енергетичної трансформації в Україні. *Науковий вісник Ужгородського національного Університету. Серія ПРАВО*. 2023. Вип. 78, ч. 1. С. 281–285. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.78.1.45>.

5. Чигрин О., Гавриленко О., Шевченко К. Розумна трансформація енергетики: основні принципи та складові. *Вісник економіки*. 2023. № 2. С. 204–216. <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.02.204>.
6. Паризька угода: Угоду ратифіковано Законом України від 14 липня 2016 р. № 1469-VIII. *Верховна Рада України*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (дата звернення: 25.01.2025).
7. Європейський зелений курс (European Green Deal). URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobitnictvo/klimat-uevropejska-zelena-ugoda> (дата звернення: 25.01.2025).
8. Енергетичної стратегії України до 2050 року. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratchiya-0> (дата звернення: 25.01.2025).
9. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. URL: <https://kompek.rada.gov.ua/uploads/documents/30556.pdf> (дата звернення: 25.01.2025).
10. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 09 лютого 2025 р. № 555-IV. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 14.02.2025).
11. Про ринок електричної енергії: Закон України від 09 лютого 2025 р. № 2019-VIII. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 14.02.2025).
12. Про енергетичну ефективність: Закон України від 01 січня 2025 р. № 1818-IX. *Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (дата звернення: 14.02.2025).

13. Впровадження системи торгівлі квотами на викиди парникових газів (СТВ). URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/vprovadzhennya-systemy-torgivli-kvotamy-na-vykydy-parnykovykh-gaziv-stv/> (дата звернення: 25.01.2025).

14. У Житомирі побудували котельню майбутнього. URL: <https://ztrada.gov.ua/?pages=14914> (дата звернення: 25.01.2025).

15. Підписано Меморандум про створення водневого коридору Україна–ЄС. URL: <https://tsoua.com/news/pidpysano-memorandum-pro-stvorenniya-vodneвого-korydoru-ukrayina-yes/> (дата звернення: 25.01.2025).

16. Уряд України та Європейська комісія уклали Меморандум щодо стратегічного партнерства у сферах біометану, водню та інших синтетичних газів. URL: <https://www.mev.gov.ua/novyna/uryad-ukrayiny-ta-yevropeyska-komisiya-uklaly-memorandum-shchodo-stratehichnoho-partnerstva> (дата звернення: 25.01.2025).

17. Як Норвегія стала світовим лідером у використанні електромобілів. URL: <https://texty.org.ua/fragments/111994/yak-norvehiya-stala-svitovym-liderom-u-vykorystanni-elektromobiliv/> (дата звернення: 25.01.2025).

18. ВООЗ: як забруднене повітря впливає на здоров'я населення. URL: https://ecoclubrivne.org/ambient_air_pollution/ (дата звернення: 25.01.2025).

19. Данія припинить видобуток нафти і газу в Північному морі до 2050 року. URL: <https://epravda.com.ua/news/2020/12/04/668828/> (дата звернення: 25.01.2025).

20. Баланс енергетики України. №1 (81). Січень, 2025. 83 с.

21. EERE Success Story – Solar Forecasting Gets a Boost from Watson, Accuracy Improved by 30% / U.S. Department of Energy. 2015. 27 Oct. URL: <https://www.energy.gov/eere/success-stories/articles/eere-success-storysolar-forecasting-gets-boost-watson-accuracy> (дата звернення: 25.01.2025).

22. Штучний інтелект для ДТЕК Енерго. *ДТЕК*. URL: <https://dtek.com/media-center/news/iskusstvennyyintellect-dlya-dtek-energo/> (дата звернення: 25.01.2025).

23. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. *EUR-Lex: An official website of the European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944> (дата звернення: 25.01.2025).

References

1. TotalEnergies Energy Outlook – November 4th, 2024. URL: https://totalenergies.com/sites/g/files/nytnzq121/files/documents/totalenergies_TotalEnergies_presentation_Energy_Outlook_2024_EN.pdf (access date: 25.01.2025).

2. Khomyn V.S. Pryntsypy ta instrumenty enerhetychnoi transformatsii v YeS: pravovi aspekty. *Yurydychnyi naukovyi zhurnal*. 2024. № 3. S. 223–229. <https://doi.org/10.32782/2524-0374/2024-3/50>.

3. Vovk V.Iu., Krasnoselska A.A. Ekoloho-ekonomichni aspekty transformatsii enerhetychnoho zabezpechennia Ukrainy v umovakh viiny ta povoiennoho vidnovlennia. *Ekonomika ta suspilstvo*. 2023. № 56. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-82>.

4. Tokunova A.V., Roshkaniuk V.M. Rol kontseptsii biznesu i prav liudyny u dosiahnenni tsilei «zelenoi» enerhetychnoi transformatsii v Ukraini. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho Universytetu. Serii PRAVO*. 2023. Vyp. 78, ch. 1. S. 281–285. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.78.1.45>.

5. Chyhryn O., Havrylenko O., Shevchenko K. Rozumna transformatsiia enerhetyky: osnovni pryntsypy ta skladovi. *Visnyk ekonomiky*. 2023. № 2. S. 204–216. <https://doi.org/10.35774/visnyk2023.02.204>.

6. Paryzka uhoda: Uhodu ratyfikovano Zakonom Ukrainy vid 14 lypnia 2016 r. № 1469-VIII. *Verkhovna Rada Ukrainy*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (access date: 25.01.2025).
7. Ievropeiskyi zelenyi kurs (European Green Deal). URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/galuzeve-spivrobotnictvo/klimat-yevropejska-zelena-ugoda> (access date: 25.01.2025).
8. Enerhetychnoi stratehii Ukrainy do 2050 roku. URL: <https://www.mev.gov.ua/reforma/enerhetychna-stratehiya-0> (access date: 25.01.2025).
9. Kontseptsiiia «zelenoho» enerhetychnoho perekhodu Ukrainy do 2050 roku. URL: <https://kompek.rada.gov.ua/uploads/documents/30556.pdf> (access date: 25.01.2025).
10. Pro alternatyvni dzherela enerhii: Zakon Ukrainy vid 09 liutoho 2025 r. № 555-IV. *Verkhovna Rada Ukrainy*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (access date: 14.02.2025).
11. Pro rynek elektrychnoi enerhii: Zakon Ukrainy vid 09 liutoho 2025 r. № 2019-VIII. *Verkhovna Rada Ukrainy*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (access date: 14.02.2025).
12. Pro enerhetychnu efektyvnist: Zakon Ukrainy vid 01 sichnia 2025 r. № 1818-IX. *Verkhovna Rada Ukrainy*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text> (access date: 14.02.2025).
13. Vprovadzhennia systemy torhivli kvotamy na vykydy parnykovykh haziv (STV). URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/zmina-klimatu/vprovadzhennya-systemy-torgivli-kvotamy-na-vykydy-parnykovyh-gaziv-stv/> (access date: 25.01.2025).
14. U Zhytomyri pobuduvaly kotelniu maibutnoho. URL: <https://zt-rada.gov.ua/?pages=14914> (access date: 25.01.2025).

15. Pidpysano Memorandum pro stvorennia vodnevoho korydoru Ukraina–IeS. URL: <https://tsoua.com/news/pidpysano-memorandum-pro-stvorennia-vodnevoho-korydoru-ukrayina-yes/> (access date: 25.01.2025).

16. Uriad Ukrainy ta Yevropeiska komisiia uklaly Memorandum shchodo stratehichnoho partnerstva u sferakh biometanu, vodniu ta inshykh syntetychnykh haziv. URL: <https://www.mev.gov.ua/novyna/uryad-ukrayiny-ta-yevropeyska-komisiya-uklaly-memorandum-shchodo-stratehichnoho-partnerstva> (access date: 25.01.2025).

17. Iak Norvehiia stala svitovym liderom u vykorystanni elektromobiliv. URL: <https://texty.org.ua/fragments/111994/yak-norvehiya-stala-svitovym-liderom-u-vykorystanni-elektromobiliv/> (access date: 25.01.2025).

18. VOOZ: yak zabrudnene povitria vplyvaie na zdorovia naselennia. URL: https://ecoclubrivne.org/ambient_air_pollution/ (access date: 25.01.2025).

19. Daniaa prypynyty vydobutok nafty i hazu v Pivnichnomu mori do 2050 roku. URL: <https://epravda.com.ua/news/2020/12/04/668828/> (access date: 25.01.2025).

20. Balans enerhetyky Ukrainy. №1 (81). Sichen, 2025. 83 s.

21. EERE Success Story – Solar Forecasting Gets a Boost from Watson, Accuracy Improved by 30% / U.S. Department of Energy. 2015. 27 Oct. URL: <https://www.energy.gov/eere/success-stories/articles/eere-success-storysolar-forecasting-gets-boost-watson-accuracy> (access date: 25.01.2025).

22. Shtuchnyi intelekt dlia DTEK Enerho. *DTEK*. URL: <https://dtek.com/media-center/news/iskusstvennyyintelлект-dlya-dtek-energo/> (access date: 25.01.2025).

23. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. *EUR-Lex: An official website of the European Union*. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944> (access date: 25.01.2025).