

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ДОМБРОВСЬКА ТЕТЯНА МИКОЛАЇВНА

УДК (339.92+620.91):502.1(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ
ЕНЕРГЕТИЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ
У ГЛОБАЛЬНІЙ ПАРАДИГМІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Спеціальність 292 – міжнародні економічні відносини

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Домбровська Т. М.

Науковий керівник: Галенко Оксана Миколаївна, доктор економічних наук, професор

КИЇВ 2024

АНОТАЦІЯ

Домбровська Т. М. Енергетична трансформація у глобальній парадигмі сталого розвитку. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 292 – міжнародні економічні відносини. – Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана, Київ, 2024.

Дисертаційна робота присвячена комплексному дослідженню теоретико-методологічних та практичних аспектів трансформації світового енергетичного сектору в умовах глобалізації. Значна увага приділена розкриттю теоретико-методологічних засад дослідження енергетичного компонента парадигми сталого розвитку з розкриттям її сутності та ключових засад, комплексною характеристикою об'єктивної природи і рушійних сил еволюції енергетичних трансформацій, а також обґрунтуванням теоретико-методологічного дизайну сталої енергетичної моделі глобальної економіки.

У дисертаційній роботі дається панорамна характеристика ключових форматів сталої платформи глобальної енергетичної трансформації та розкрито головні напрями діджиталізації світового енергосектору як дієвого механізму його системних трансформаційних змін. Обґрунтовано авангардну роль зеленої енергетики у сталій моделі глобального енергоспоживання та здійснено економетричне моделювання впливу відновлювальної енергетики на динаміку національного соціально-економічного розвитку.

Дисертація містить результати комплексного авторського аналізу чинного економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій, на основі чого зроблено висновок щодо їх мультиплікативного характеру. Визначено принципи і стратегічні пріоритети забезпечення глобальної енергетичної безпеки, а також обґрунтовано пріоритетні напрями повоєнного відновлення енергетичного сектору України на зелених засадах.

У результаті проведеного дослідження отримано такі найбільш важливі наукові результати:

вперше:

- розкрито еволюцію циклічних трансформаційних змін енергетичного базису світогосподарського розвитку в останні три століття з виокремленням чотирьох її етапів за системою авторських критеріїв (домінуючі структури і моделі світового енергоспоживання; пануючі форми і механізми залучення енергоресурсів у господарський обіг; специфіка інфраструктурного забезпечення енергосектору; контрактна структура енергоринку; пануючі методи ціноутворення на енергоресурси та механізми регулювання світового енергоринку та ін.): 1-й етап – Енергетика 1.0 (індустріально-споживча, вугільно-орієнтована модель) – кінець XVIII ст. – перша половина 1910-х років; 2-й етап – Енергетика 2.0 (вуглеводнева коммодитизована модель) – друга половина 1910-х – перша половина 1970-х років; 3-й етап – Енергетика 3.0 (вуглеводнева фінансово-орієнтована модель) – друга половина 1970-х – кінець 2000-х років; 4-й етап – Енергетика 4.0 (стала енергетична модель мережевого типу) – початок 2010-х років – дотепер. Обґрунтовано концептуальний дизайн сталої енергетичної моделі глобального економічного розвитку 3D+2E (декарбонізація, децентралізація, діджиталізація, енергоефективність, енергоощадність) та її інструментальне забезпечення: активізація мікрогенерації електроенергії на локальному рівні; перехід управлінських енергосистем від централізованих до децентралізованих і багаторівневих моделей; долучення великої кількості економічних суб'єктів до їх функціонування; організаційно-економічна та інституційна конвергенція світового енергосектору з ІТ-технологіями на основі «енергетичного Інтернету»; масштабування системних цифрових рішень у глобальному енергосекторі; автоматизація технічного обслуговування обладнання та ін.

удосконалено:

- кластеризацію 72 країн світу за рівнем розвитку відновлювальної енергетики у 2021 р. (у розрізі показників щодо обсягів виробництва і споживання відновлюваної електроенергії; обсягів виробництва сонячної енергії; споживання первинної енергії з відновлювальних джерел; частки електроенергії, отриманої від сонячної генерації) на основі використання програмного пакету даних Statistica за

методами k-середніх, ближнього і дальнього сусіда. На цій основі виокремлено шість країнових кластерів (1-й кластер – 1 держава, 2-й кластер – 2 країни, 3-й кластер – 3 держави, 4-й кластер – 8 країн, 5-й кластер – 18 держав, 6-й кластер – 40 країн) та з кожного кластеру обрано одну державу, яка перебуває найближче до його центру та репрезентує усю країнову вибірку (Китай, Німеччину, США, Японію, Австрію, Чехію). Отримані на основі двофакторного та багатфакторного регресійного аналізу (за період 2010-2021 рр.) результати економіко-математичного моделювання з використанням програмного пакету «Аналіз даних – Регресія» та побудовою різних типів рівнянь (поліноміального та експоненціального) підтвердили наявність сильного прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та такими незалежними факторами як: виробництво відновлюваної електроенергії, споживання відновлювальної енергії та споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, що засвідчує суттєвий вплив відновлювальної енергетики на динаміку макроекономічного зростання держав та динаміку їх соціального розвитку;

- аналітичні підходи до комплексної характеристики глобальної енергетичної безпеки на основі: *конкретизації її економічного змісту* (як стану довгострокового, надійного, техногенно безпечного та економічно прийняттого задоволення поточних і перспективних потреб світової економіки різними видами енергії для сталого соціально-економічного розвитку держав і регіонів з мінімальним негативним впливом для навколишнього середовища, без надмірного виснаження ресурсного потенціалу світового суспільства та без перенесення непропорційно важкого екологічного тягаря на прийдешні покоління); *визначення засадничих принципів* (науковості, системності, справедливості у доступі до енергоресурсів, раціонального енергоспоживання, конвергенції національних інтересів держав-власниць енергетичних ресурсів та країн-енергоспоживачів, міжнародно-правової відповідальності держав за невиконання взятих на себе зобов'язань у сфері світового енергозабезпечення та ін.) *та обґрунтування стратегічних напрямів її забезпечення в умовах сучасної реконфігурації геополітичного і гео економічного простору* (нарощування інвестицій у розвиток зеленої енергетики; державне

стимулювання зелено-водневого сегменту глобального енергоринку; створення і введення в експлуатацію малих модульних реакторів; запровадження на світовому ринку міжнародно визнаної транспарентної системи екологічної оцінки і сертифікації товарів і послуг; розбудова світового ринку довгострокової секвестрації вуглецю; інтеграція регіональних сегментів ринків природного газу та електроенергії та ін.). Доведено, що динамічний розвиток зелено-водневого сегменту глобального енергоринку вже у найближчій перспективі здатен докорінно трансформувати його архітектуру, сформувати якісно нові глобальні центри зеленої індустріалізації та диверсифікувати наявні торговельні маршрути світових енергопостачань;

дістало подальшого розвитку:

- понятійно-категоріальний апарат дослідження сталої енергетичної моделі глобального економічного розвитку на основі обґрунтування розгорнутого авторського визначення категорії «енергетична трансформація», зміст якої полягає у циклічно повторюваних перетвореннях однієї енергетичної системи на іншу, що супроводжуються відмиранням одних її елементів, ознак і властивостей та появою інших, котрі відбивають специфіку діючих на тому чи іншому етапі світогосподарського поступу техніко-економічних, організаційно-економічних і суспільних відносин у їх діалектичній єдності з виробничими відносинами та відносинами економічної власності. Обґрунтовано, що стала енергетична модель глобального економічного розвитку здатна забезпечити одночасне вирішення трьох його ключових проблем: по-перше, залучення у господарський обіг якісно нових джерел і видів енергетичних ресурсів; по-друге, впровадження у суспільне виробництво енергоощадних технологій; по-третє, досягнення довгострокової структурної рівноваги між світовими обсягами виробництва і споживання енергоресурсів у рамках концепції «енергетичної трилеми»;

- панорамна характеристика домінуючих діджитал-тенденцій глобального енергосектору, котрі засвідчують його перехід на сталу модель розвитку: наскрізне «пронизування» цифровими технологіями усіх структурних сегментів світової енергетики; динамічний розвиток альянсних форматів стратегічного партнерства

нафтогазових і високотехнологічних корпорацій; значне підвищення ролі споживачів енергії у її суспільному відтворенні; системна автоматизація процесів технологічного обслуговування енергообладнання, створення технічних можливостей щодо розподілення електрогенерації у межах окремих автономних станцій та комплексних енергетичних мереж тощо. Констатовано, що синергетична дія зазначених трендів спричиняє глибоку модернізацію чинних корпоративних стратегій і бізнес-моделей енергокомпаній у бік розбудови нафтогазовими компаніями спільно зі своїми партнерами розгалужених й об'єднаних на спільних цифрових платформах внутрішніх і зовнішніх екосистем; нарощування обсягів венчурного фінансування ДіР енергетичного профілю; стрімкого збільшення масштабів транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid; включення у загальні мережі значних обсягів згенерованої зеленої електроенергії; монополізації глобального ринку зеленої енергії та ін. Доведено, що діджиталізація глобального енергетичного сектору, відкриваючи необмежені технологічні можливості реалізації енергокомпаніями бізнес-моделі «енергія як послуга», є матеріальною основою розбудови у світових координатах клієнт-орієнтованих енергетичних систем, які характеризуються не тільки широкими можливостями вибору споживачами постачальників енергопослуг, але й фронтальною розбудовою систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні; динамічною продуктово-видовою й інституційною структуризацією світових енергоринків; диверсифікацією їх суб'єктної структури та появою нових груп ринкових гравців; розробленням висококастомізованих техніко-технологічних рішень; продукуванням пакетних пропозицій енерготоварів й енергосервісів та ін.;

- ідентифікація новітніх тенденцій «озеленення» світового енергетичного комплексу: стрімке нарощування кумулятивної потужності електростанцій, що працюють на зелених енергоджерелах; динамізація процесів корпоратизації зеленого енергосектору та його перетворення на привабливий об'єкт нагромадження глобального капіталу; масштабна урбанізація зеленої енергетики; неухильне нарощування капіталізації глобального ринку відновлювальної енергетики; домінування у джерелах фінансування зеленої енергетики механізмів інвестування активів способом балансового інвестування комунальних

підприємств та енергокомпаній без права регресу через компанії спеціального призначення; активне залучення до процесів інвестування зеленої енергетики компаній неенергетичного сектору; нарощування капіталізації кліматичних технологічних компаній та диверсифікація здійснюваної ними науково-технічної й інноваційної діяльності; ребрендинг нафтогазових БНП та переорієнтація їх спеціалізаційного профілю у бік набуття статусу глобальних операторів індустрії зеленої енергетики та ін. Доведено, що зазначені тренди у своїй сукупності детермінують поліструктурний характер екологізації глобального енергосектору, його системну інституціоналізацію та визначальний вплив на процеси енергетичної трансформації світогосподарського розвитку;

- обґрунтування мультиплікативності економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій у системі *податково-бюджетних* (фінансові субсидії, гранти та знижки; інвестиційні та виробничі податкові пільги; зменшення ПДВ, податків на власність та податків з продажів; екологічні податки, пільгові платежі за одиницю виробленої зеленої енергії; прискорена амортизація зеленого енергогенеруючого обладнання та ін.); *тарифно-цінових* (підтримка цін на енергоносії на основі фіксованої тарифікації; прямі державні трансферти; кількісні обмеження експорту та імпорту енергії; преференційне інвестування зеленої енергетики, її державне та муніципальне субсидування, субсидування позичкового капіталу та інвестиційних витрат на енергетичні проєкти; енергетичне квотування на основі системи зелених сертифікатів; тендери на поставки зеленої електроенергії, сальдований облік її споживання, угоди про закупівлю електричної енергії, зелене субсидування, купівля електричної енергії за корпоративними угодами та ін.) та *фінансових механізмів* (зелені облігації і зелені банківські кредити, зелене страхування і технічна допомога, сек'юритизація і зелена брокерська діяльність та ін.). Обґрунтовано, що їх реалізація забезпечила в останні десятиліття високу динаміку розвитку зеленого сегменту світового енергоринку, значне послаблення його антропогенного навантаження на довкілля та суттєве підвищення країнами рівня своєї зеленої конкурентоспроможності у глобальних координатах;

- ідентифікація пріоритетних напрямів повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку: повна відмова держави від теплової енергогенерації та системна її заміна відновлювальною генерацією на основі альтернативних джерел; тарифне стимулювання реновації газорозподільних мереж на основі підходу «shrinkage allowances»; масштабне фінансування відновлення газорозподільної інфраструктури; розроблення і впровадження системних індикаторів якісної оцінки ефективності технологічної експлуатації об'єктів вітчизняної газорозподільної інфраструктури; реалізація загальнонаціональної цільової програми модернізації газорозподільних мереж на основі заміни тарифу на розподіл на систему RAB-регулювання; розбудова диверсифікованої системи енергетичного аудиту та муніципальних систем енергоменеджменту та ін. Доведено, що стале відновлення вітчизняного енергосектору детермінуватиме провідні векторні мегатренди повоєнного відновлення економіки України у руслі стратегічних підходів світової спільноти до вирішення глобальної екологічної та кліматичної проблем.

Ключові слова: сталий розвиток, глобальна екологічна проблема, викиди парникових газів, енергетична криза, зелена економіка, ESG, енергетика, зелена енергетика, відновлювальна енергетика, діджиталізація, декарбонізація, зелений курс ЄС, озеленення, зелене фінансування, декарбонізація.

ANNOTATION

Dombrovska T. M. Energy transformation in the global paradigm of sustainable development. – Qualifying scientific work as a manuscript.

A thesis for Academic Degree of Doctor Philosophy in specialty 292 – International Economic Relations. – Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman. Kyiv, 2024.

The dissertation is dedicated to a comprehensive study of the theoretical, methodological and practical aspects of the transformation of the world energy sector under globalization. Considerable attention is paid to the disclosure of the theoretical and methodological foundations of the study of the energy component of the paradigm of sustainable development with the disclosure of its essence and key principles, a

comprehensive characterization of the objective nature and driving forces of the evolution of energy transformations, as well as the justification of the theoretical and methodological design of a sustainable energy model of the global economy.

A panoramic description of the key formats of the sustainable platform of global energy transformation is described in research, as well as the main directions of digitalization of the global energy sector as an effective mechanism of its systemic transformational changes. The avant-garde role of green energy in the sustainable model of global energy consumption is stated, also an econometric modeling of the impact of renewable energy on the dynamics of national socio-economic development is carried out.

The thesis contains the results of comprehensive author's analysis of the current economic toolkit of motivation for global energy transformations, on the basis of which a conclusion was made regarding to their multiplicative nature. The principles and strategic priorities of ensuring global energy security are defined, as well as the priority areas of the post-war recovery of the energy sector of Ukraine on a green basis are substantiated.

The following most important scientific results were obtained as a result of the conducted research:

for the first time:

- the evolution of cyclical transformational changes in the energy basis of world economic development in the last three centuries with the allocation of its four stages according to the system of author's criteria is disclosed (dominant structures and models of world energy consumption; dominant forms and mechanisms of attracting energy resources into economic circulation; specificity of infrastructure support for the energy sector; contract structure of the energy market; dominant methods of pricing for energy resources and mechanisms for regulating the world energy market, etc.): the 1st stage - Energy 1.0 (industrial-consumer, coal-oriented model) - the end of the XVIII century - the first half of the 1910s; the 2nd stage - Energy 2.0 (hydrocarbon commoditized model) - the second half of the 1910s - the first half of the 1970s; the 3rd stage - Energy 3.0 (hydrocarbon financial-oriented model) - the second half of the 1970s - the end of the

2000s; the 4th stage - Energy 4.0 (became a grid-type energy model) - early 2010s - until now. The conceptual design of the sustainable energy model of global economic development 3D + 2E (decarbonization, decentralization, digitalization, energy efficiency, energy saving) and its instrumental support are substantiated: activation of microgeneration of electricity at the local level; transition of management power systems from centralized to decentralized and multi-level models; the involvement of a large number of economic entities in their functioning; organizational, economic and institutional convergence of the global energy sector with IT technologies based on the "energy Internet"; scaling of system digital solutions in the global energy sector; automation of equipment maintenance, etc.

improved:

- clustering of 72 countries by the level of renewable energy development in 2021 (in terms of indicators for the volume of production and consumption of renewable electricity; solar energy production volumes; consumption of primary energy from renewable sources; fraction of electricity received from solar generation) based on the using of the Statistica data software package using k-average, near and far neighbor methods. On this basis, six country clusters were identified (the 1st cluster - 1 state, the 2nd cluster - 2 countries, 3th cluster - 3 states, the 4th cluster - 8 countries, the 5th cluster - 18 states, the 6th cluster - 40 countries) and, one state is selected from each cluster that is the closest to its center and represents the entire country sample (China, Germany, USA, Japan, Austria, Czech Republic). Obtained on the basis of two-factor and multi-factor regression analysis (for the period 2010-2021), the results of economic and mathematical modeling using the software package «Data Analysis – Regression» and the construction of various types of equations (polynomial and exponential) confirmed the existence of a strong direct relationship between the dependent factor of GDP per person and such independent factors as: production of renewable electricity, consumption of renewable energy and consumption of primary energy from renewable sources, which confirms the significant impact of renewable energy on the dynamics of macroeconomic growth of states and the dynamics of their social development;

- analytical approaches to the comprehensive characteristics of global energy security based on: *concretization of its economic content* (as a state of long-term, reliable, technologically safe and economically acceptable satisfaction of current and prospective needs of the world economy by various types of energy for sustainable socio-economic development of states and regions with minimal negative impact on the environment, without excessive depletion of the resource potential of the world society and without transfer of disproportionately heavy environmental burden to future generations); *defining of fundamental principles* (science, consistency, fairness in access to energy resources, rational energy consumption, convergence of national interests of states-owners of energy resources and countries-energy consumers, international legal responsibility of states for failure to fulfill their obligations in the field of world energy supply, etc.) *and substantiating the strategic directions of its provision in the conditions of modern reconfiguration of the geopolitical and geo-economic space* (increasing investments in the development of green energy; state stimulation of the green-hydrogen segment of the global energy market; creation and commissioning of small modular reactors; introduction of an internationally recognized transparent system of environmental assessment and certification of goods and services on the world market; building a global long-term carbon sequestration market; integration of regional segments of natural gas and electricity markets, etc.). It is proved that the dynamic development of the green-hydrogen segment of the global energy market in the near future is able to change radically its architecture, create qualitatively new global centers of green industrialization and diversify the existing trade routes of the world energy supplies;

further development of:

- conceptual and categorical apparatus for the study of a sustainable energy model of global economic development based on the justification of the detailed author's definition of the category «energy transformation», the content of which consists of cyclically repeated transformations of one energy system to another; accompanied by the death of some of its elements, features and properties and the appearance of others, reflecting the specifics of the world economic progress at a particular stage of the technical and economic, organizational, economic and social relations in their dialectical

unity with industrial relations and relations of economic property. It was substantiated that the emerging energy model of the global economic development is able to provide a simultaneous solution to its three key problems: firstly, the involvement in economic circulation of qualitatively new sources and types of energy resources; secondly, the introduction of energy-saving technologies into public production; thirdly, the achievement of a long-term structural equilibrium between world volumes of energy recourses production and consumption within the framework of the concept of «energy trilemma»;

- the panoramic characteristic of the dominant digital trends of the global energy sector, which confirms its transition to a stable model of development: the through "penetration" of all structural segments of the world energy by digital technologies; dynamic development of alliance formats of strategic partnership among oil and gas and high-tech corporations; a significant increase of the role of energy consumers in its social reproduction; the system automation of processes of technological maintenance of power equipment, creation of technical capabilities for distribution of power generation within separate autonomous stations and complex power networks, etc. It is stated that the synergistic effect of these trends leads to a deep modernization of existing corporate strategies and business models of energy companies towards the development of oil and gas companies together with their partners of branched and united on common digital platforms of internal and external ecosystems; increasing the volume of venture financing of energy R&Ds; rapid increase in cross-border usage of Vehicle-to-Grid technologies; the inclusion of significant amounts of generated green electricity in common networks; monopolization of the global green energy market, etc. It is proved that the digitalization of the energy sector, opening unlimited technological opportunities for energy companies to implement the business model «energy as a service», is the material basis for the development in the global coordinates of client-oriented energy systems, which are characterized not only by wide opportunities for consumers to choose suppliers of energy services, but also by the frontal development of intelligent energy accounting systems in electricity, heat and gas supply; dynamic product-species and institutional structuring of world energy markets; diversification of their subject structure and the emergence of new

groups of market players; development of highly customized technical and technological solutions; production of package offers of energy products and energy services, etc.;

- identification of the latest trends in the «greening» of the world energy complex: rapid increase in the cumulative capacity of power plants operating on green energy sources; dynamization of the processes of corporatization of the green energy sector and its transformation into an attractive object of accumulation of global capital; large-scale urbanization of green energy; steadily increasing the capitalization of the global renewable energy market; dominance in the sources of financing of green energy of the mechanisms for investing assets by the method of balance sheet investment of utilities and energy companies without the right of recourse through special purpose companies; active involvement of non-energy sector companies in green energy investment processes; increasing of the capitalization of climate technology companies and diversifying their scientific, technical and innovative activities; rebranding of oil and gas MNEs and reorientation of their specialization profile towards acquiring the status of global operators of the green energy industry, etc. It is proved that all these trends together determine the polystructural nature of the greening of the global energy sector, its systemic institutionalization and determining influence on the processes of energy transformation of the world economic development;

- substantiation of multiplicative economic tools for motivating global energy transformations in the system of fiscal (financial subsidies, grants and discounts; investment and production tax benefits; reduction of VAT, property taxes and sales taxes; environmental taxes, preferential payments per unit of green energy produced; accelerated depreciation of green power generating equipment, etc.); tariff and prices (support for energy prices based on fixed tariffication; direct state transfers; quantitative restrictions on energy exports and imports; preferential investment of green energy, its state and municipal subsidies, subsidization of loan capital and investment costs for energy projects; energy quota arrangement based on a system of green certificates; tenders for the supply of green electricity, balanced accounting of its consumption, agreements on the purchase of electric energy, green subsidies, purchase of electric energy under corporate agreements, etc.) and *financial mechanisms* (green bonds and

green bank loans, green insurance and technical assistance, securitization and green brokerage, etc.). It is stated that their implementation has ensured the high dynamics of the development of the green segment of the world energy market in recent decades, a significant weakening of its anthropogenic burden on the environment and a significant increase in the level of countries' green competitiveness in global coordinates;

- identification of the priority directions of the post-war restoration of the energy sector of Ukraine on the basis of sustainable development: a complete refusal of the state from thermal energy generation and its systematic replacement with renewable generation based on alternative sources; tariff incentives for renovation of gas distribution networks based on the «shrinkage allowances» approach; large-scale financing of gas distribution infrastructure restoration; development and implementation of system indicators of qualitative assessment of efficiency of technological operation of domestic gas distribution infrastructure facilities; implementation of a nationwide target program for the modernization of gas distribution networks based on the replacement of the distribution tariff with the RAB-regulation system; development of a diversified energy audit system and municipal energy management systems, etc. It is proved that the sustainable restoration of the domestic energy sector will determine the leading vector megatrends of the post-war restoration of the Ukrainian economy in line with the strategic approaches of the world community to solving global environmental and climate problems.

Keywords: sustainable development, global environmental problem, greenhouse gas emissions, energy crisis, green economy, ESG, energy, green energy, renewable energy, digitalization, decarbonization, European Green Deal, greening, green financing, decarbonization.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У зарубіжних виданнях:

1. Dombrovska T., Sadchenko O., Obykhod H., Yaroshenko I., Levkovska L., Deineha O. Management of the Economy in the Field of Environmental Management and Energy Security as Components of Sustainable Development. *Journal of Sustainability Research*. 2022. Vol. 4 (2). URL: https://sustainability.hapres.com/Upload/PdfFile/JSR_1481.pdf (0,6 д.а., особисто авторці належить 0,2 д. а.: обґрунтування стратегічних напрямів забезпечення енергетичної безпеки країн).

2. Домбровська Т. М. Мегатренди енергетичних трансформацій у глобальній парадигмі сталого розвитку. *Colloquium-journal*. 2022. №18 (141). С. 69-71. URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2022/07/Colloquium-journal-2022-141-1.pdf> (0,4 д. а.).

3. Dombrovska T., Oten S., Kalmanbetova G., Bielialov T., Konokhov S., Visyn O. Economic Aspects of Ensuring Labor Safety in the Global Labor Market. *Economic Affairs*. 2023. Vol. 68. No. 01s. P. 309-317. URL: <https://ndpublisher.in/admin/issues/EAv68n1sz7.pdf> (0,6 д.а., особисто авторці належить 0,2 д. а.: конкретизація дестабілізуючих чинників безпеки праці в енергетиці).

У наукових фахових виданнях України:

4. Домбровська Т. М. Теоретико-методологічні засади парадигми сталого розвитку: енергетичний компонент. *Причорноморські економічні студії*. 2021. Випуск 72. С. 18-21. URL: http://bses.in.ua/journals/2021/72_1_2021/5.pdf (0,6 д. а.).

5. Домбровська Т. М. Стала енергетична модель глобальної економіки: концептуальний формат. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 55-60. URL: <http://cmi.politehnica.zp.ua/index.php/journal/article/view/47/43> (0,7 д. а.).

6. Домбровська Т. М. Секторальні тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору. *Економіка та суспільство*. 2023. Випуск 50. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2382/2303> (0,8 д. а.).

7. Домбровська Т. М. Моделювання глобального енергоспоживання у контексті урахування пріоритетні ролі зеленої енергетики. *Бізнес навігатор*. 2023. Випуск 2 (72). С. 14-18. URL: http://business-navigator.ks.ua/journals/2023/72_2023/4.pdf (0,7 д. а.).

8. Домбровська Т. М. Перспективи відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку. *Східна Європа*. 2023. №2 (39). С. 3-9. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/39_2023/3.pdf (0,8 д. а.).

9. Домбровська Т. М. Глобальні енергетичні трансформації: економічний інструментарій. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2023. №3 (92). С. 7-13. URL: http://www.psae-jrnl.nau.in.ua/journal/3_92_2023_ukr/3.pdf (0,7 д. а.).

10. Домбровська Т. М. Конвергенція глобальної енергетичної безпеки: принципи і стратегічні пріоритети. *Управління змінами та інновації*. 2023. №7. С. 96-102. URL: <http://cmi.politehnica.zp.ua/index.php/journal/article/view/> (0,8 д. а.).

В інших виданнях:

11. Домбровська Т. М. Енергетичні кризи – рушійна сила трансформації енергетичної і екологічної безпеки. *Шістдесят четверті економіко-правові дискусії: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м.Львів, 27-28 квітня 2022 р.). Львів, 2022. С. 18-21 (0,1 д. а.).

12. Домбровська Т. М. Модель світового енергозабезпечення: парадигма сталого розвитку. *Актуальні питання економіки, обліку, фінансів і права: теорія і практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (м. Полтава, 4 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 35-37 (0,1 д. а.).

13. Домбровська Т. М. Функціонування глобального енергетичного сектору в форматі зростання цифрових рішень. *Шевченківська весна – 2023: публічне управління та державна служба: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених* (м. Київ, 29 березня 2023 р.). С. 249-250 (0,1 д. а.).

14. Домбровська Т. М. Енергетичні інновації у контексті системи сучасних виробничих технологій. *Глобалізаційні виклики: урядування майбутнього: збірник*

матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26-27 квітня 2023 р.). С. 107-108 (0,1 д. а.).

15. Dombrovska T., Galenko P. The influence of IT technologies on the development of the world economy. *Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices: Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference* (September 30 – October 1, 2022) / Gen. Edit. Ihor Halytsia, Agnieszka Knap-Stefaniuk, Tallinn: Teadmus OÜ, 2022. P. 21-22 (0,1 д. а.).

16. Домбровська Т. М. Масштабна урбанізація як тренд сучасної енергетичної трансформації. *Modern problems of science, education and society: збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної конференції* (м. Київ, 14-16 серпня 2023 р.). С. 454-456 (0,1 д. а.).

17. Домбровська Т. М. Механізм врегулювання наслідків російської агресії на енергетичну систему України. *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Дніпро, 3 серпня 2023 р. – 4 березня 2024 р.). С. 192-194 (0,1 д. а.).

18. Домбровська Т. М. Генезис прикладних механізмів державного стимулювання енергетичних трансформацій. *Actual problems of science, education and technologies: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції* (м. Братислава, 25 липня 2023 р.). С. 50-52 (0,1 д. а.).

19. Домбровська Т. М. Методи і принципи забезпечення глобальної енергетичної безпеки: практичні аспекти. *Global Society in Formation of New Security System and World Order: матеріали II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Дніпро, 27-28 липня 2023 р.). Дніпро. С. 149-150 (0,1 д. а.).

ЗМІСТ

ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПОНЕНТ ПАРАДИГМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	30
1.1. Сутність та ключові засади парадигми сталого розвитку: енергетичний вимір	30
1.2. Об’єктивна природа і рушійні сили еволюції енергетичних трансформацій	49
1.3. Теоретико-методологічний дизайн сталої енергетичної моделі глобальної економіки	76
Висновки до розділу 1	90
РОЗДІЛ 2. СТАЛА ПЛАТФОРМА ГЛОБАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ФОРМАТИ	94
2.1. Діджиталізація світового енергосектору – дієвий механізм глобальної енергетичної трансформації	94
2.2. Авангардна роль зеленої енергетики у сталій моделі глобального енергоспоживання	118
2.3. Економетричне моделювання впливу відновлювальної енергетики на національний економічний розвиток	141
Висновки до розділу 2	150
РОЗДІЛ 3. СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ПЕРЕВЕДЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ НА МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	153
3.1. Мультиплікативність економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій	153
3.2. Принципи і стратегічні пріоритети забезпечення глобальної енергетичної безпеки	176
3.3. Пріоритетні напрями повоєнного відновлення енергетичного сектору України на зелених засадах	194
Висновки до розділу 3	218
ВИСНОВКИ	222
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	227
ДОДАТКИ	255

ВСТУП

Актуальність теми. Домінування на індустріальній фазі світогосподарського розвитку паливно-вуглеводневої парадигми енергоспоживання спричинило не тільки стрімке вичерпування невідновлювальних енергетичних ресурсів та досягнення ними граничних меж експлуатації, але й поставило людську цивілізацію перед цілою низкою глобальних проблем, пов'язаних насамперед із забрудненням довкілля, деградацією водних і земельних ресурсів, втратою біорізноманіття, нарощуванням масштабів викидів парникових газів, потеплінням клімату та ін. Це суттєво актуалізує питання щодо розроблення і впровадження системних заходів трансформації світового енергетичного сектору у напрямі його діджиталізації, інноватизації та мереживізації, нарощування обсягів відновлювального енергоспоживання, масового впровадження в економічну діяльність енергоефективних й енергоощадних технологій, а також оптимізації структурних параметрів виробництва та розподілення первинних енергоресурсів. У своїй синергетичній дії вони відбивають становлення у світових координатах якісно нової – сталої – енергетичної парадигми глобального економічного розвитку, ядром якої має стати глибока конвергенція економічних, техніко-технологічних й екологічних параметрів функціонування глобального енергетичного сектору та його переведення на якісно вищий щабель розвитку.

Найбільш повно теоретичні основи сталого розвитку та енергоспоживання, енергетичні фактори конкурентного розвитку національних і регіональних економік, механізми державного управління енергетичною інфраструктурою, структурна динаміка та процеси декарбонізації глобального енергоринку, бізнес-моделі багатонаціональних підприємств нафтогазового сектору, чинні практики впровадження міжнародним бізнесом корпоративної екологічної відповідальності розкрито у працях таких вітчизняних і зарубіжних учених як: Л. Амікуччі, Л.Барневольд, С. Бертранд, Е. Бібер, Ф. Біерманн, М. Білявський, Д. Бобро, Є.Борщук, К. Блюмштейн, А. Буряченко, В. Вернадський, І. Гайдучкий, Т. Галушкіна, А. Геддес, Т. Герарден, К. Гіллінгхам, Х. Гранаде, Г. Грейтс, А. Гупта, Р. Делла, Л.Діестельмейер, А. Дінеш, Л. Джеймс, В. Загорський, Г. Зуколото, Д. Єргін, Д.Ільницький, К. Йорк, М.Йоханссон, Дж. Кассіолато, Н. Келсейтт, Б. Кріег, Г.Кузнєцова, Х. Ліу, Б.Лоттермосер, О. Лютак, А. Малетт, К. Маркевич, Д. Медоуз, Дж. Меклінг,

М.Мостафа, А. Муджумдар, Р.Невелл, П. Ніквік, Т. Оболенська, М.Однорог, Ш.Омаров, В. Омельченко, Б.Остдік, К.Островські, К. Палмер, Е.Пестель, К. Поланьї, Дж. Рандерс, Н. Рахімб, Д. Ренд, Дж.Ріфкін, Р. Саїдур, А. Славкова, Р.Стевінг, Дж. Стігліц, Я. Столярчук, А. Тріанні, Дж.Флемінг, П. Фокс-Пеннер, А.Фаресе, Н. Фаяз, Х. Форд, В. Хаустова, Т. Циганкова, В. Чала, С.Шарма, Н.Шерідан, К. Шваб, Л.Шіппер, О. Яценко та багато інших.

Разом з тим, ціла низка аспектів цієї багатогранної наукової проблеми дотепер залишається недостатньо розкритою. Насамперед потребують комплексного дослідження теоретико-методологічні засади формування сталої енергетичної парадигми глобального економічного розвитку. Ґрунтовному аналізу мають бути піддані сучасні форми, рівні та механізми глобальних енергетичних трансформацій, що реалізуються на парадигмальних засадах сталого розвитку. Крім того, надзвичайно актуальним на сьогодні є також питання щодо обґрунтування стратегічних напрямів екологізації глобального енергетичного сектору в умовах значного посилення геополітичної та геоекономічної турбулентності. Таким чином, системне дослідження процесів енергетичної трансформації у глобальній парадигмі сталого розвитку є дуже важливим як у теоретичному, так і практичному плані, що обумовило вибір теми дисертаційної роботи, її мету та завдання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано у відповідності з планом науково-дослідних робіт Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана» у рамках міжкафедральних науково-дослідних тем факультету міжнародної економіки і менеджменту «Стратегії національного розвитку в парадигмі глобальної економічної політики» (номер державної реєстрації 0111U007630) та «Глобальний економічний розвиток в умовах формування цифрового суспільства» (номер державної реєстрації 0121U114086). У рамках зазначених тем авторкою особисто підготовлено розділи «Енергетичний сектор у процесах глобальної трансформації світового господарства», «Корпоративні стратегії і бізнес-моделі діджиталізації світової енергетики» та «Національні і наднаціональні механізми екологізації світового енергетичного сектору».

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування ролі і місця енергетичного сектору у реалізації глобальної парадигми сталого розвитку,

комплексна характеристика форм, рівнів і механізмів світових енергетичних трансформацій, а також обґрунтування стратегічних пріоритетів переведення світового енергосектору на модель сталого розвитку.

Виходячи з мети дослідження, у роботі поставлено та вирішено такі конкретні завдання:

- розкрити сутність та ключові засади парадигми сталого розвитку через призму його енергетичного виміру;
- розкрити еволюцію енергетичних трансформацій у контексті її об'єктивної природи і рушійних сил;
- дати комплексну характеристику теоретико-методологічного дизайну сталої енергетичної моделі глобальної економіки;
- розкрити ключові напрями діджиталізація світового енергосектору як дієвого механізму глобальної енергетичної трансформації;
- обґрунтувати авангардну роль зеленої енергетики у сталій моделі глобального енергоспоживання;
- здійснити економетричне моделювання впливу відновлювальної енергетики на національний економічний розвиток;
- аргументувати мультиплікативність економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій;
- розкрити принципи і стратегічні пріоритети забезпечення глобальної енергетичної безпеки;
- обґрунтувати пріоритетні напрями повоєнного відновлення енергетичного сектору України на зелених засадах.

Об'єктом дослідження є закони, закономірності та векторні мегатренди «озеленення» світового енергетичного сектору в умовах загострення глобальної екологічної проблеми.

Предметом дослідження є передумови, рушійні сили та організаційно-економічні формати енергетичної трансформації у глобальній парадигмі сталого розвитку.

Методи дослідження. Дисертаційна робота ґрунтується на застосуванні основоположного принципу єдності теорії і практики, прогнозуванні розвитку економічних процесів з використанням методу наукової абстракції. У реалізації мети

дослідження і повного розв'язання завдань дисертації авторкою були використані такі загальні і спеціальні методи наукового дослідження сучасних процесів структурної трансформації світового енергетичного сектору у глобальній парадигмі сталого розвитку як-от: діалектичний метод (при розкритті змістовної сутності та ключових засад парадигми сталого розвитку через призму її енергетичного виміру, а також обґрунтуванні об'єктивної природи і рушійних сил глобальних енергетичних трансформацій: пп. 1.1, 1.2); історико-логічний метод (при розкритті генезису й еволюції енергетичних трансформацій та обґрунтуванні теоретико-методологічного формату сталої енергетичної моделі глобального економічного розвитку: пп. 1.2, 1.3); аналіз та синтез (при розкритті механізмів діджиталізації світового енергосектору та комплексній характеристиці авангардної ролі зеленої енергетики у сталій моделі глобального енергоспоживання: пп. 2.1, 2.2); економетричного моделювання (при здійсненні економетричної оцінки впливу відновлювальної енергетики на національний економічний розвиток: п. 2.3); системно-структурний аналіз економічних процесів та явищ (при комплексній характеристиці діючого у міжнародній практиці економічних інструментів мотивації глобальних енергетичних трансформацій: п. 3.1); експертних оцінок та прогнозний (при обґрунтуванні принципів і стратегічних пріоритетів забезпечення глобальної енергетичної безпеки, а також визначенні пріоритетних напрямів повоєнного відновлення енергетичного сектору України на зелених засадах: пп. 3.1, 3.2).

Інформаційною та статистичною базами роботи є монографічні і аналітичні дослідження вітчизняних і зарубіжних учених з проблематики глобального економічного розвитку, пануючих на різних етапах світогосподарського розвитку моделей енергоспоживання, механізмів діджиталізації і декарбонізації глобального енергетичного сектору, стратегій і бізнес-моделей впровадження міжнародним бізнесом корпоративної екологічної відповідальності; матеріали й аналітичні звіти міжнародних організацій, дослідницьких агенцій та регіональних угруповань (Групи Світового банку, МВФ, ОЕСР, ОПЕК, Міжнародного енергетичного агентства, Міжнародного агентства з відновлювальних джерел енергії (IRENA), Європейської комісії, Європейського економічного та соціального комітету, Світової федерації бірж, Інституту енергетики ЄС, Інституту екологічних та енергетичних досліджень, Агентства з охорони навколишнього середовища США, Бюро транспортної

статистики США, Bloomberg NEF, McKinsey та ін.); результати наукових досліджень Національного інституту стратегічних досліджень України, Українського центру економічних і політичних досліджень імені Олександра Разумкова, Європейської бізнес-асоціації та ін.

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційної роботи полягає у формулюванні авторкою нового концептуального підходу у дослідженні глобальних енергетичних трансформацій через призму сталого розвитку, комплексній характеристиці їх сучасних організаційно-економічних та інституційних форматів, а також обґрунтування стратегічних пріоритетів екологізації глобального енергетичного сектору у контексті розбудови світової зеленої екосистеми.

Нові наукові положення, одержані особисто авторкою, які виносяться на захист, полягають у такому:

вперше:

- розкрито еволюцію циклічних трансформаційних змін енергетичного базису світогосподарського розвитку в останні три століття з виокремленням чотирьох її етапів за системою авторських критеріїв (домінуючі структури і моделі світового енергоспоживання; пануючі форми і механізми залучення енергоресурсів у господарський обіг; специфіка інфраструктурного забезпечення енергосектору; контрактна структура енергоринку; пануючі методи ціноутворення на енергоресурси та механізми регулювання світового енергоринку та ін.): 1-й етап – Енергетика 1.0 (індустріально-споживча, вугільно-орієнтована модель) – кінець XVIII ст. – перша половина 1910-х років; 2-й етап – Енергетика 2.0 (вуглеводнева коммодитизована модель) – друга половина 1910-х – перша половина 1970-х років; 3-й етап – Енергетика 3.0 (вуглеводнева фінансово-орієнтована модель) – друга половина 1970-х – кінець 2000-х років; 4-й етап – Енергетика 4.0 (стала енергетична модель мережевого типу) – початок 2010-х років – дотепер. Обґрунтовано концептуальний дизайн сталої енергетичної моделі глобального економічного розвитку 3D+2E (декарбонізація, децентралізація, діджиталізація, енергоефективність, енергоощадність) та її інструментальне забезпечення: активізація мікрогенерації електроенергії на локальному рівні; перехід управлінських енергосистем від централізованих до децентралізованих і багаторівневих моделей; долучення великої кількості економічних суб'єктів до їх функціонування; організаційно-економічна та

інституційна конвергенція світового енергосектору з ІТ-технологіями на основі «енергетичного Інтернету»; масштабування системних цифрових рішень у глобальному енергосекторі; автоматизація технічного обслуговування обладнання та ін.

удосконалено:

- кластеризацію 72 країн світу за рівнем розвитку відновлювальної енергетики у 2021 р. (у розрізі показників щодо обсягів виробництва і споживання відновлюваної електроенергії; обсягів виробництва сонячної енергії; споживання первинної енергії з відновлювальних джерел; частки електроенергії, отриманої від сонячної генерації) на основі використання програмного пакету даних Statistica за методами k-середніх, ближнього і дальнього сусіда. На цій основі виокремлено шість країнових кластерів (1-й кластер – 1 держава, 2-й кластер – 2 країни, 3-й кластер – 3 держави, 4-й кластер – 8 країн, 5-й кластер – 18 держав, 6-й кластер – 40 країн) та з кожного кластеру обрано одну державу, яка перебуває найближче до його центру та репрезентує усю країнову вибірку (Китай, Німеччину, США, Японію, Австрію, Чехію). Отримані на основі двофакторного та багатофакторного регресійного аналізу (за період 2010-2021 рр.) результати економіко-математичного моделювання з використанням програмного пакету «Аналіз даних – Регресія» та побудовою різних типів рівнянь (поліноміального та експоненціального) підтвердили наявність сильного прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та такими незалежними факторами як: виробництво відновлюваної електроенергії, споживання відновлювальної енергії та споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, що засвідчує суттєвий вплив відновлювальної енергетики на динаміку макроекономічного зростання держав та динаміку їх соціального розвитку;

- аналітичні підходи до комплексної характеристики глобальної енергетичної безпеки на основі: *конкретизації її економічного змісту* (як стану довгострокового, надійного, техногенно безпечного та економічно прийняттого задоволення поточних і перспективних потреб світової економіки різними видами енергії для сталого соціально-економічного розвитку держав і регіонів з мінімальним негативним впливом для навколишнього середовища, без надмірного виснаження ресурсного потенціалу світового суспільства та без перенесення непропорційно важкого екологічного тягаря на прийдешні покоління); *визначення засадничих принципів*

(науковості, системності, справедливості у доступі до енергоресурсів, раціонального енергоспоживання, конвергенції національних інтересів держав-власниць енергетичних ресурсів та країн-енергоспоживачів, міжнародно-правової відповідальності держав за невиконання взятих на себе зобов'язань у сфері світового енергозабезпечення та ін.) *та обґрунтування стратегічних напрямів її забезпечення в умовах сучасної реконфігурації геополітичного і гео економічного простору* (нарощування інвестицій у розвиток зеленої енергетики; державне стимулювання зелено-водневого сегменту глобального енергоринку; створення і введення в експлуатацію малих модульних реакторів; запровадження на світовому ринку міжнародно визнаної транспарентної системи екологічної оцінки і сертифікації товарів і послуг; розбудова світового ринку довгострокової секвестрації вуглецю; інтеграція регіональних сегментів ринків природного газу та електроенергії та ін.). Доведено, що динамічний розвиток зелено-водневого сегменту глобального енергоринку вже у найближчій перспективі здатен докорінно трансформувати його архітектуру, сформувати якісно нові глобальні центри зеленої індустріалізації та диверсифікувати наявні торговельні маршрути світових енергопостачань;

дістало подальшого розвитку:

- понятійно-категоріальний апарат дослідження сталої енергетичної моделі глобального економічного розвитку на основі обґрунтування розгорнутого авторського визначення категорії «енергетична трансформація», зміст якої полягає у циклічно повторюваних перетвореннях однієї енергетичної системи на іншу, що супроводжуються відмиранням одних її елементів, ознак і властивостей та появою інших, котрі відбивають специфіку діючих на тому чи іншому етапі світогосподарського поступу техніко-економічних, організаційно-економічних і суспільних відносин у їх діалектичній єдності з виробничими відносинами та відносинами економічної власності. Обґрунтовано, що стала енергетична модель глобального економічного розвитку здатна забезпечити одночасне вирішення трьох його ключових проблем: по-перше, залучення у господарський обіг якісно нових джерел і видів енергетичних ресурсів; по-друге, впровадження у суспільне виробництво енергоощадних технологій; по-третє, досягнення довгострокової структурної рівноваги між світовими обсягами виробництва і споживання енергоресурсів у рамках концепції «енергетичної трилеми»;

- панорамна характеристика домінуючих діджитал-тенденцій глобального енергосектору, котрі засвідчують його перехід на сталу модель розвитку: наскрізне «пронизування» цифровими технологіями усіх структурних сегментів світової енергетики; динамічний розвиток альянсних форматів стратегічного партнерства нафтогазових і високотехнологічних корпорацій; значне підвищення ролі споживачів енергії у її суспільному відтворенні; системна автоматизація процесів технологічного обслуговування енергообладнання, створення технічних можливостей щодо розподілення електрогенерації у межах окремих автономних станцій та комплексних енергетичних мереж тощо. Констатовано, що синергетична дія зазначених трендів спричиняє глибоку модернізацію чинних корпоративних стратегій і бізнес-моделей енергокомпаній у бік розбудови нафтогазовими компаніями спільно зі своїми партнерами розгалужених й об'єднаних на спільних цифрових платформах внутрішніх і зовнішніх екосистем; нарощування обсягів венчурного фінансування ДіР енергетичного профілю; стрімкого збільшення масштабів транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid; включення у загальні мережі значних обсягів згенерованої зеленої електроенергії; монополізації глобального ринку зеленої енергії та ін. Доведено, що діджиталізація енергетичного сектору, відкриваючи необмежені технологічні можливості реалізації енергокомпаніями бізнес-моделі «енергія як послуга», є матеріальною основою розбудови у глобальних координатах клієнт-орієнтованих енергетичних систем, які характеризуються не тільки широкими можливостями вибору споживачами постачальників енергопослуг, але й фронтальною розбудовою систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні; динамічною продуктово-видовою й інституційною структуризацією світових енергоринків; диверсифікацією їх суб'єктної структури та появою нових груп ринкових гравців; розробленням висококастомізованих техніко-технологічних рішень; продукуванням пакетних пропозицій енерготоварів й енергосервісів та ін.;

- ідентифікація новітніх тенденцій «озеленення» світового енергетичного комплексу: стрімке нарощування кумулятивної потужності електростанцій, що працюють на зелених енергоджерелах; динамізація процесів корпоратизації зеленого енергосектору та його перетворення на привабливий об'єкт нагромадження глобального капіталу; масштабна урбанізація зеленої енергетики; неухильне нарощування капіталізації глобального ринку відновлювальної енергетики;

домінування у джерелах фінансування зеленої енергетики механізмів інвестування активів способом балансового інвестування комунальних підприємств та енергокомпаній без права регресу через компанії спеціального призначення; активне залучення до процесів інвестування зеленої енергетики компаній неенергетичного сектору; нарощування капіталізації кліматичних технологічних компаній та диверсифікація здійснюваної ними науково-технічної й інноваційної діяльності; ребрендинг нафтогазових БНП та переорієнтація їх спеціалізаційного профілю у бік набуття статусу глобальних операторів індустрії зеленої енергетики та ін. Доведено, що зазначені тренди у своїй сукупності детермінують поліструктурний характер екологізації глобального енергосектору, його системну інституціоналізацію та визначальний вплив на процеси енергетичної трансформації світогосподарського розвитку;

- обґрунтування мультиплікативності економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій у системі *податково-бюджетних* (фінансові субсидії, гранти та знижки; інвестиційні та виробничі податкові пільги; зменшення ПДВ, податків на власність та податків з продажів; екологічні податки, пільгові платежі за одиницю виробленої зеленої енергії; прискорена амортизація зеленого енергогенеруючого обладнання та ін.); *тарифно-цінових* (підтримка цін на енергоносії на основі фіксованої тарифікації; прямі державні трансферти; кількісні обмеження експорту та імпорту енергії; преференційне інвестування зеленої енергетики, її державне та муніципальне субсидування, субсидування позичкового капіталу та інвестиційних витрат на енергетичні проєкти; енергетичне квотування на основі системи зелених сертифікатів; тендери на поставки зеленої електроенергії, сальдований облік її споживання, угоди про закупівлю електричної енергії, зелене субсидування, купівля електричної енергії за корпоративними угодами та ін.) та *фінансових механізмів* (зелені облігації і зелені банківські кредити, зелене страхування і технічна допомога, сек'юритизація і зелена брокерська діяльність та ін.). Обґрунтовано, що їх реалізація забезпечила в останні десятиліття високу динаміку розвитку зеленого сегменту світового енергоринку, значне послаблення його антропогенного навантаження на довкілля та суттєве підвищення країнами рівня своєї зеленої конкурентоспроможності у глобальних координатах;

- ідентифікація пріоритетних напрямів повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку: повна відмова держави від теплової енергогенерації та системна її заміна відновлювальною генерацією на основі альтернативних джерел; тарифне стимулювання реновації газорозподільних мереж на основі підходу «shrinkage allowances»; масштабне фінансування відновлення газорозподільної інфраструктури; розроблення і впровадження системних індикаторів якісної оцінки ефективності технологічної експлуатації об'єктів вітчизняної газорозподільної інфраструктури; реалізація загальнонаціональної цільової програми модернізації газорозподільних мереж на основі заміни тарифу на розподіл на систему RAB-регулювання; розбудова диверсифікованої системи енергетичного аудиту та муніципальних систем енергоменеджменту та ін. Доведено, що стале відновлення вітчизняного енергосектору детермінуватиме провідні векторні мегатренди повоєнного відновлення економіки України у руслі стратегічних підходів світової спільноти до вирішення глобальної екологічної та кліматичної проблем.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що основні теоретичні положення, висновки і рекомендації, сформульовані авторкою у дисертаційній роботі, можуть слугувати методологічною базою при розробленні й імплементації механізмів повоєнного відновлення енергетичного сектору України на зелених засадах. Наукові розробки, висновки і практичні рекомендації авторки були використані: Виконавчим комітетом Миколаївської міської державної ради (довідка №3097/02.02.01-22/02/14/23 від 08.08.2023 р.); Товариством з обмеженою відповідальністю «Брітіш Енерджи Груп» (довідка про впровадження №491 від 28.02.2023 р.), а також Київським національним економічним університетом імені Вадима Гетьмана при викладанні навчальних дисциплін «Міжнародна економіка», «Міжнародна безпека», «Європейська інтеграція» та «Міжнародний менеджмент» (довідка про впровадження від 16.01.2023 р.).

Особистий внесок здобувачки. Усі наукові результати, які викладені у дисертаційному дослідженні та виносяться на захист, одержані авторкою особисто.

Апробація результатів дослідження. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на дев'яти міжнародних і всеукраїнських наукових, науково-теоретичних та науково-практичних конференціях: міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Шістдесят четверті економіко-правові дискусії»

(м. Львів, 27-28 квітня 2022 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання економіки, обліку, фінансів і права: теорія і практика» (м. Полтава, 4 червня 2022 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices» (м.Таллінн, 30 вересня – 1 жовтня 2022 р.); всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Шевченківська весна – 2023: публічне управління та державна служба» (м. Київ, 29 березня 2023 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Глобалізаційні виклики: урядування майбутнього» (м. Київ, 26-27 квітня 2023 р.); II міжнародній науково-практичній конференції «Global Society in Formation of New Security System and World Order» (м. Дніпро, 27-28 липня 2023 р.); V міжнародній науково-практичній конференції «Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates» (м. Дніпро, 3 серпня 2023 р. 4 березня 2024 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Actual problems of science, education and technologies» (м. Братислава, 25 липня 2023 р.); VI міжнародній науково-практичній конференції «Modern Problems of Science, Education and Society» (м. Київ, 14-16 серпня 2023 р.).

Публікації. Основні положення і наукові результати дослідження опубліковані дисертанткою самостійно і у співавторстві у 19 працях загальним обсягом 7,6 д. а., у тому числі 3 статті у міжнародних виданнях, 7 статей у наукових фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 9 публікацій – в інших виданнях. Загальний обсяг опублікованого матеріалу, який належить особисто дисертантці, становить 6,7 д. а.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 210 сторінок комп'ютерного тексту. У тексті дисертації розміщено 34 рисунки на 18 сторінках, 12 таблиць на 5 сторінках, 14 додатків на 35 сторінках. Список використаних джерел налічує 265 найменувань.

РОЗДІЛ 1

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПОНЕНТ ПАРАДИГМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

1.1. Сутність та ключові засади парадигми сталого розвитку: енергетичний вимір

В останні чотири десятиліття світове господарство переживає процеси фундаментальної структурної трансформації, які, охоплюючи усі рівні і компоненти міжнародної економічної системи, набувають свого концентрованого вираження у системному переході технологічного базису суспільного виробництва на технології промислової революції 4.0; динамічній постіндустріалізації, інноватизації і діджиталізації капіталістичної ринкової системи; фрагментації, мереживізації і глибокій просторовій релокації промислового виробництва; а також незворотному усуненні жорстких інституційних бар'єрів у транскордонному русі товарів, послуг і виробничих факторів. При цьому світогосподарський прогрес ніколи не був лінійним й рівномірним процесом, оскільки на усіх етапах його еволюційного розвитку йому завжди були притаманні гострі політико-економічні, соціально-гуманітарні і культурні суперечності й антагонізми. Більшість з них, як свідчить світовий досвід, пролягають по лінії «людина – природа» і пов'язані з наростаючим економічним конфліктом між об'єктивними потребами масштабування і структурної модернізації глобального виробництва на основі постійно зростаючого споживання ресурсів, з одного боку, та обмеженими ресурсними можливостями планети їх задовольняти, з другого.

Зазначена економічна суперечність, як можемо тепер спостерігати, особливо загострилась в умовах стрімкого переходу більшості провідних держав світу до неоліберальної моделі розвитку у 1970-1980-х роках. Саме вона, базуючись, за влучним висловлюванням Дж. Стігліца, на «уявленнях фундаменталістів про ... ринки як саморегульовані системи, які здатні ефективно розподіляти ресурси та забезпечувати реалізацію суспільних інтересів» [174], висунула у число стратегічних завдань макроекономічного зростання країн і регіонів максимізацію

бізнес-структурами прибутків та нарощування у такий спосіб своєї акціонерної вартості, а відтак – з усією очевидністю загострила проблему екологізації світогосподарського розвитку. Будучи по суті капіталістичним класовим проєктом, неолібералізм заперечує будь-які прояви соціалізації [7, с. 181] й екологізації економічної діяльності, а відтак – на глибокому структурному рівні роз'єднує соціальну й економічну сфери життєдіяльності суспільства. З цього приводу відомий класик економічної соціології К. Поланьї попереджував про надзвичайно тяжкі наслідки перетворення ринку в єдиний механізм регулювання економічних пропорцій та купівельної спроможності економічних суб'єктів, за домінування якого «природа розпадеться на окремі стихії; річки, поля і ліси піддадуться страшному забрудненню; військова безпека держав виявиться під загрозою; а країни вже не зможуть забезпечувати себе продовольством і сировиною» [129, с. 87-88].

Дана проблема набуває найбільш красномовного вираження в енергетичній сфері, яка характеризується особливо негативними наслідками асиметричного енергоспоживання, а відтак – настійно мотивує національні уряди багатьох держав світу до впровадження радикальних заходів у царині системної модернізації виробничих технологій свого бізнесового сектору [228, с. 9]. Інакше кажучи, саме в енергетичній сфері неухильне нарощування масштабів виробництва, переробки, залучення у господарський обіг і споживання паливних вуглеводнів стало в останні десятиліття головним рушієм світогосподарського прогресу, стрімкого підвищення матеріального добробуту широких верств населення, значного зменшення глобальної бідності та формування у глобальних координатах споживчо орієнтованої моделі економічного розвитку. Звернімось до цифр: тільки за XX ст. загальносвітовий обсяг енергоспоживання досягнув 500 млрд т у. п., що більше за всю попередню історію людства. При цьому на тлі 39 млн т у. п. його середньорічного приросту у першій половині XX ст. у наступні п'ятдесят років даний показник був ушестеро більший [249, с. 76]. Саме на даний період припадає 80% приросту світового виробництва і 75% приросту споживання паливних енергоресурсів. Загалом же, упродовж останнього століття світове

енергоспоживання зросло більш, ніж у 30 разів, тоді як обсяги промислового виробництва – у 50 разів [236, с. 89].

Водночас, надмірне енергоспоживання і пов'язане з ним наростання енерговитратного характеру окремих видів технологічного виробництва стають в останні десятиліття потужним рушієм стрімкого поглиблення світової ресурсо-екологічної кризи й посилення антропогенного навантаження на довкілля. Укупі з інтенсивним господарським освоєнням нових територіальних анклавів і появою на колишній світовій економічній периферії (насамперед у Китаї та Індії) величезних індустріальних центрів це вже призвело до катастрофічних наслідків зміни клімату на планеті (глобального потепління). Достатньо сказати, що в останні п'ятдесят років, згідно даних Міжнародного енергетичного агентства, середня температура повітря зросла на $0,5-1,6^{\circ}\text{C}$ з перспективним трендом її підвищення на $2,6^{\circ}\text{C}$ на період до 2040 р., що утричі перевищує даний показник періоду 1950-2000 рр. [87]. Своєю чергою, щорічний обсяг викидів вуглекислого газу зросте до 2050 р. до рівня 50-70 млрд т, а до 2100 р. – до 90 млрд т [10, с. 6].

Цілком природно, що подібного роду дуалізм світогосподарського розвитку дедалі більшою мірою спонукає багатьох вітчизняних і зарубіжних учених до розроблення доволі амбітних теоретико-методологічних конструкцій щодо чіткої ідентифікації інституційних й ресурсних форматів взаємодії суспільства з довкіллям, здатних забезпечити державам достатні темпи національного економічного розвитку без порушення при цьому усталених параметрів їх екологічної рівноваги і безпеки. Не випадково, подібна постановка питання вже породила у 1970-1980-х роках активне теоретичне обговорення проблеми пошуку у світовому суспільстві своєрідного компромісу щодо зменшення антропогенного навантаження на довкілля в обмін на низькі (або так звані нульові), темпи економічного зростання. Незважаючи на існування значних методологічних труднощів при вирішенні даного питання в силу значного браку напрацьованих світовою наукою трансдисциплінарних підходів, системне розв'язання зазначеної суперечності лежить у площині формування у глобальних координатах якісно нової моделі енергетичного забезпечення світового господарства, *базованій на парадигмі сталого розвитку*.

Як визначальна система наукових ідей, теорій і концепцій, норм, методів та критеріїв дослідницької діяльності, яку протягом певного часу наукова спільнота визнає в якості базової основи свого повсякденного дослідницького практикування та ефективного розв'язання найбільш актуальних суспільних завдань і проблем [256], парадигма сталого розвитку є своєрідною схемою концептуального осмислення механізмів конвергентної взаємодії суспільства і природи, а також виживання людської цивілізації на основі відтворення навколишнього середовища у масштабах, необхідних для його повернення до меж господарської місткості біосфери [232, с. 202]. У цьому зв'язку зазначимо, що хоч вже багато років парадигма сталого розвитку є наріжним каменем наукових розробок багатьох вітчизняних і західних учених, однак дотепер характеризується значною складністю, багатоваріантністю і багатоаспектністю досліджень. Відтак – на сьогодні все ще не сформовано однозначних і загальноприйнятих підходів до трактування змістовної сутності сталого розвитку як економічної категорії, визначення його ключових структурних компонентів, детермінації типів сталості, а також механізмів й інструментів її досягнення.

Варто нагадати, що саме з початку 1980-х років, після виходу у світ доповіді Міжнародного союзу охорони природи і природних ресурсів «Всесвітня стратегія охорони природи» (1980 р.) [198], у світовому порядку денному наростає усвідомлення нагальної необхідності подолання людством негативних наслідків його втручання у природну екосистему з причин довготривалого панування у національних економічних політиках провідних країн світу інструментарію, закладеного у свій час теорією економічного зростання [257, с. 266]. Цілком закономірно, що це стає причиною стрімкого наростання браку невідновних природних ресурсів, тоді як на ранніх етапах світогосподарського розвитку подібне втручання мало переважно локальний характер і не викликало незворотних руйнувань довкілля. Відтак – світовою спільнотою дедалі більшою мірою усвідомлюється необхідність докорінного перегляду стратегічних напрямів й інституційних механізмів розвитку світового суспільства, здатних забезпечити його оперативний перехід до якісно нових засад розбудови його економічної, соціальної та екологічної систем.

Між тим, заради справедливості відзначимо, що вперше питання щодо нагальної необхідності вжиття рішучих заходів у царині нівелювання негативного антропогенного впливу на довкілля знаходимо ще у працях В. І. Вернадського про ноосферу 1910-1920-х років. Цей видатний учений на основі глибокого синтезу науки, моралі, мистецтва та філософії, ще у той далекий час закликає світове співтовариство розглядати економічну діяльність людини виключно у її тісному взаємозв'язку зі світовими екологічними проблемами. І хоч у наш час сутнісне розуміння ноосфери неодноразово було піддане серйозній теоретичній ревізії, однак упродовж столітнього періоду практично незмінним залишається головний методологічний засновок ученого: життя людства в обов'язковому порядку має ставати усе розумнішим і розумнішим за одночасного прискореного акумулювання у науці так званого колективного розуму. Саме останній має бути спрямований на забезпечення реального просування людської цивілізації до ноосфери насамперед на основі оптимізації природокористування, регулювання демографічних процесів, ощадного залучення природних ресурсів у господарський обіг, викорінення суспільних конфліктів антигуманного й антисоціального характеру, а також системного впровадження у суспільне виробництво ресурсозберігаючих технологій, здатних забезпечити збереження фізичного, природного і людського капіталу [203].

Характеризуючи методологічні напрацювання світової науки у царині сталого розвитку, не можемо оминати увагою творчий доробок Римського клубу. Його представники (В. Беренс, Е. Пестель, М. Герньє, Г. Дейлі, О. Джаріні, Д. Гарбор, Т. Монбріаль, Дж. Рандерс, Д. Медоуз, Дж. Форрестер, Дж. Боткін, Е. Ельманджра, А. Лемма, П. Маласка, М. Маліца, Ж. Сен-Жур та багато інших [113; 114; 115; 116]), починаючи з 1970-х років, опублікували кілька десятків доповідей з актуальних питань екологізації економічного розвитку та глобального моделювання. З-поміж них, зокрема, доповіді «Поза межами віку марнотратства» (1976 р.), «Цілі для людства» (1977 р.), «Енергія: зворотний рахунок» (1978 р.), «Не існує меж освіти» (1979 р.), «Третій світ: три чверті світу» (1980 р.), «Діалог про багатство і добробут» (1980 р.), «Дороговкази в майбутнє» (1980 р.), «Мікроелектроніка і суспільство» (1982 р.), «Третій світ спроможний себе прогодувати» (1984 р.), «Майбутнє

океанів» (1986 р.), «Межі спустошеності» (1989 р.) та ін. [208, с. 55]. Їх наріжним каменем, попри наявність певних відмінностей у теоретичній концептуалізації проблем екологізації глобального економічного розвитку та їх математичній формалізації, є концентрація дослідницького інтересу учених на найактуальніших проблемах цивілізаційного поступу (демографічній, екологічній, продовольчій та енергетичній). Це свідчать про чітко виражену орієнтацію діяльності Римського клубу на пошук стратегічних перспектив виживання людства та механізмів його досягнення.

Зокрема, у піонерних на той час дослідженнях Дж. Форрестера та Д. Медоуза вперше у світовому теоретичному дискурсі сталого розвитку знаходимо математично-комп'ютерне моделювання складних економічних систем з розробкою моделей World 1, World 2 та World 3. Зазначені моделі з усією достовірністю підтверджують незворотну усталеність світового тренду стрімкого вичерпування ресурсного споживання індустріального типу, яке на тлі глобального «демографічного вибуху», неухильного нарощування масштабів промислового виробництва та забруднення навколишнього середовища стає потужним рушієм не тільки глибокого структурного розбалансування світових економічних пропорцій, але й поглиблення нерівноважних станів міжнародної економічної системи та наростання екологічної, економічної й соціальної криз.

Зокрема, за допомогою моделі World 3 було досліджено поведінку глобальної системи у часовому інтервалі 200 років – з 1900 р. до 2100 р. Вихідним методологічним засновком моделі стало припущення щодо зміни у відповідності до поточних трендів розвитку людської цивілізації таких змінних світогосподарської системи як-от: стан промислового сектору, сільського господарства, народонаселення, невідновлювальні природні ресурси і забруднення довкілля. І хоча математично-комп'ютерне моделювання базувалось на припущенні щодо можливості уповільнення темпів зростання народонаселення і забруднення довкілля на тлі одночасного підвищення продуктивності сільського господарства і збереження природних ресурсів, однак проведені розрахунки з усією достовірністю підтвердили можливість усунення глобальних кризових явищ та запобігання глобальним катастрофам лише за умов реалізації комплексу заходів

щодо забезпечення економічної й екологічної стабільності з переходом світогосподарської системи від стану постійного економічного зростання до стану глобальної рівноваги.

Зазначимо також, що у працях представників Римського клубу уперше у світовій економічній історії були розраховані також фізичні межі ресурсного забезпечення планети, згідно яких за щорічного приросту світового населення на рівні 1,9% вже найближчі десятиліття означаться стрімким вичерпуванням земельних, паливно-енергетичних, водних і мінеральних ресурсів, здатним зруйнувати глобальну рівновагу та підвести людство на межу екологічної катастрофи. Подібного роду песимістичні прогнози, що базувались на глибокому розумінні антагоністичної суперечності між зростанням промислового виробництва і народонаселення, з одного боку, та обмеженими природними ресурсами і зростаючим забрудненням довкілля, з другого, стали основою першої доповіді Римського клубу «Межі зростання» (що вийшла друком у 1972 р.). Цілком закономірно, що дана доповідь стала своєрідною «Біблією» для багатьох зацікавлених у моделюванні світового розвитку учених-глобалістів, оскільки її ключові висновки аргументовано обґрунтовували об'єктивну необхідність формування у глобальних координатах умов для економічної і екологічної стабільності на основі переходу людської цивілізації від невпинного нарощування масштабів виробництва і споживання до встановлення глобальної рівноваги. І це, до речі, підтвердилось усіма наступними етапами світової економічної історії.

У комплексній характеристиці методологічних напрацювань Римського клубу у царині сталого розвитку на особливу увагу заслуговує доктрина диференційованого обмеженого зростання М. Месаровича і Е. Пестеля [117]. Вона розглядається ученими в якості основного механізму не тільки досягнення міжнародною економічною системою стану динамічної рівноваги, але й збалансованого функціонування усього людства на основі диференціації розвитку різних структурних компонентів світового господарства, певного «пригальмовування» темпів економічного і технологічного розвитку провідних держав (які концентрують на своїй території до 90% світового промислового виробництва), нівелювання глибоких міжрегіональних і міжкраїнових асиметрій у

темпах макроекономічного зростання та, найголовніше, переході усіх держав світу на «рейки» органічного зростання. На думку М. Месаровича і Е. Пестеля, саме диференційоване обмежене зростання здатне забезпечити у сучасних умовах ефективне вирішення світовою спільнотою найбільш гострих соціально-економічних й екологічних проблем та недопущення регіональних катастроф.

Своєю чергою, у 1978 р. французьким дослідником Т. Монбріалем було репрезентовано шосту доповідь Римського клубу під красномовною назвою (з погляду предмета нашого дослідження) «Енергія: зворотній відлік» [118]. Її ключовою темою став аналіз ключової суперечності між потребами людства в енергетичних ресурсах, з одного боку, й існуючими можливостями їх задоволення, з другого, з їх одночасним співвідношенням з гострими економічними, соціальними і політичними проблемами. Важко переоцінити ключовий висновок даної доповіді, який полягає в обґрунтуванні нагальної необхідності вжиття світовою спільнотою рішучих заходів з недопущення глобальної енергетичної катастрофи на основі активного міжнародного співробітництва.

Вагоме методологічне значення у формуванні теоретичного дискурсу сталого розвитку через призму розв'язання найгостріших проблем екологізації глобального економічного розвитку та системного впровадження у суспільне виробництво ресурсозберігаючих технологій має також статична міжгалузева модель взаємодії довкілля й економічної системи суспільства В. Леонтьєва – Д.Форда. Зазначимо, що перша міжгалузева модель, котра описує взаємозв'язки економіки і довкілля, була запропонована ученими ще на початку 1950-х років. Вона базувалась на використанні систем диференціальних рівнянь та включала у поле аналізу галузі матеріального виробництва і галузі, що спеціалізуються на утилізації шкідливих відходів виробництва. І хоча з часу своєї появи дана модель (як власне й її модифікації) вже мала широкий досвід практичного застосування на національному і регіональному рівнях, однак у 1970-х роках вона була суттєво доопрацьована з урахуванням результатів додаткових досліджень і числового моделювання взаємозв'язку 45 галузей національних економік держав, 8 видів забруднень довкілля та 15 видів очисної діяльності за 15 регіонами світу. Тож у доопрацьованому варіанті моделі В. Леонтьєв і Д. Форд змоделювали вісім

сценаріїв світогосподарського розвитку на десятирічний період часу (з 1990 р. до 2000 р.), розрахували галузеву структуру світових екологічних витрат, а також оцінили їх вплив на вартісні обсяги кінцевого і валового випуску продукції залежно від рівня забруднення довкілля.

У міжгалузевій моделі взаємодії довкілля й економічної системи суспільства В. Леонтєва – Д. Форда ми знаходимо й обґрунтування механізмів пом'якшення глибоких міжрегіональних диспропорцій у соціально-економічному розвитку держав Півдня і Півночі на основі системної індустріалізації відсталих держав світової периферії. З урахуванням украй негативно впливу впровадження подібного роду механізмів на параметри антропогенного навантаження на довкілля учені розрахували також обсяг витрат, необхідний для подолання державами наслідків екологічної кризи, які зазвичай не опускаються нижче 1,5-2% їх валового внутрішнього продукту, а у країнах зі значними структурними змінами у природних екосистемах можуть досягати навіть 4-5% ВВП [104; 105; 106; 107, с. 370-399].

Як бачимо, кожна з наведених концептуальних моделей енергоспоживання виконує важливу теоретичну функцію щодо розроблення системної методології комплексного аналізу типів і форм залучення енергетичних ресурсів у процес глобального суспільного відтворення. Проте, на сьогодні ні в кого вже не викликає сумніву той факт, що практично повне вичерпування ресурсних можливостей індустріальної моделі світогосподарського розвитку вимагає докорінного концептуального переосмислення ключових методологічних засновків трансформаційних змін його енергетичної парадигми. Найбільш глибоке її переосмислення знаходимо, зокрема, у теорії третьої промислової революції американського ученого Дж. Ріфкіна [157], який стоїть на твердих методологічних позиціях щодо об'єктивної необхідності відмови від пануючого на сьогодні у світовій економіці тренду щодо переважного використання у суспільному виробництві паливних енергоресурсів (нафти, газу, вугілля) на користь системного переходу його енергетичного базису до зеленої відновлювальної енергетики. Центральною ланкою останньої (на відміну від енергетики першої промислової революції з опануванням енергії вугілля та другої промислової революції з

домінуванням у глобальному енергобалансі вуглеводневих, атомних і ядерних джерел) є генерація, збереження, нагромадження та розподіл відновлювальних енергетичних джерел з їх перетворенням на базі Інтернету в єдину органічну систему, базовану на інноваційних інформаційно-комунікаційних технологіях.

Попри багаторічну увагу, що їй приділяли науковці багатьох країн світу проблемам екологізації світогосподарського розвитку, самої категорії «сталий розвиток», як власне й її однозначного трактування, не існувало практично до середини 1980-х років. У цей період дослідження даної проблематики стає своєрідною реакцією науковців на фундаментальні зміни, які відбулись у національних економіках держав-лідерів: швидка змінюваність технологій виробництва, поглиблення суспільного поділу праці, нарощування темпів промислового виробництва, диверсифікація форм економічної власності, монополізація капіталу і виробництва, активізація процесів нагромадження капітальних активів, зростання забруднення довкілля та ін. Вже в кінці 1980-х років зазначені процеси стали причиною глибокої консолідації наукових підходів економістів, політиків й екологів у царині розроблення таких моделей суспільного розвитку, які були б здатними системно інтегрувати результати економічної діяльності (темпи зростання валового внутрішнього продукту, нарощування капіталізації ринків, підвищення фінансових показників діяльності бізнес-структур, зростання обсягів залучення корисних копалин у господарський обіг та ін.) з досягнутим країнами соціальним прогресом, параметрами їх екологічної стійкості і збереження довкілля.

Не випадково, що лише у Доповіді Міжнародної Комісії з довкілля і розвитку «Наше спільне майбутнє», що побачила світ у 1987 р., у світовій економічній науці отримує свою усталену «прописку» власне категорія «сталий розвиток» (*англ. – sustainable development*). Вона кваліфікується експертами цієї авторитетної міжнародної інституції як модель економічного розвитку, котра здатна забезпечити задоволення потреб сучасних поколінь без загрози задоволення потреб прийдешніх поколінь [152, с. 35]. Більше того, Міжнародна Комісія з довкілля і розвитку вже у той далекий час констатує, що за існуючих темпів нарощування споживання людська цивілізація дуже швидко дійде до межі свого виживання, а відтак –

ключові проблеми щодо забезпечення захисту навколишнього середовища і підтримки довгострокового економічного зростання мають розглядатись в одному «методологічному пакеті» як взаємозалежні і взаємодоповнюючі.

На новий концептуальний рівень осмислення проблема сталого розвитку була піднесена на Всесвітньому саміті з питань навколишнього середовища і розвитку у Ріо-де-Жанейро (1992 р.), де вперше в історії людства вона визнається в якості пануючої ідеології глобального економічного поступу у XXI ст. Йдеться про те, що саме на даному саміті (де взяли участь близько 15 тис делегатів зі 178 країн світу) було ухвалено Декларацію принципів політики охорони навколишнього середовища та план дій із забезпечення сталого розвитку під назвою «Порядок денний на XXI століття» [158], який включає понад 100 програм з реалізації глобальних екологічних програм і проєктів [228, с. 55]. Останній власне й став методологічною основою міжнародного екологічного співробітництва та розроблення міжнародними експертами якісно нових, базованих на системі інтегрованого еколого-економічного обліку, типів аналітичних моделей. Після виходу ж у світ спеціальної доповіді ООН «Глобальна екологічна перспектива – 2000» формується і якісно нова система моніторингу і коригування показників макроекономічної динаміки країн способом застосування при їх обрахунках так званих уточнювальних коефіцієнтів. Їх репрезентують, зокрема, індикатори вартісної оцінки виснаження природних ресурсів та еколого-економічної шкоди, заподіяної наслідками забруднення довкілля [228, с. 36, 37].

На рубежі XX – XXI ст. теоретичний дискурс проблематики сталого розвитку означився двома визначальними подіями: по-перше, укладенням у 1997 р. представниками 159 країн світу Кіотського кліматичного протоколу та, по-друге, Самітом тисячоліття 2000 р. за участі 147 голів держав і представників 189 держав. Що стосується Кіотського кліматичного протоколу, який підписали близько 40 країн, то він чітко визначив необхідні обсяги скорочення ними загальних викидів у довкілля шкідливих речовин у період 2008-2012 рр. (порівняно з 1990 р.) у таких межах: ЄС – на 8%, США – на 7%, Японії – на 6% відповідно. З урахуванням доволі жорсткої кількісної детермінованості скорочення обсягів шкідливих викидів в атмосферу, довгострокової перспективи економічних вигод запобігання

кліматичним змінам та наукової невизначеності щодо наявності чи відсутності тренду глобального потепління з причин нарощування викидів парникових газів ціла низка держав відмовились виконувати умови Кіотського кліматичного протоколу. Це – насамперед Сполучені Штати Америки, котрі під впливом системного лобіювання американським бізнесом своїх економічних інтересів за часів каденції Д. Трампа (у 2016 р.) вийшли з Кіотської кліматичної угоди [228, с. 56].

Натомість на Саміті тисячоліття 2000 р. було ухвалено вісім стратегічних цілей розвитку тисячоліття Організації об'єднаних націй, котрі мали бути реалізовані до 2015 р.¹ Маємо зазначити, що, незважаючи на недосягнення у повному обсязі Цілей розвитку тисячоліття у звітному 2015 р., вони дали змогу суттєво поліпшити роботу національних і міжнародних інститутів у царині боротьби з бідністю та усвідомити об'єктивну неможливість вирішення найгостріших суспільних проблем (насамперед глобальної бідності) за допомогою виключно ринкових механізмів.

Не випадково, якісно нові напрями реалізації Концепції сталого розвитку після 2015 р. знаходимо у Цілях сталого розвитку ООН (відомих також як Глобальні цілі). Вони були ухвалені на 70-й сесії Генеральної асамблеї цієї авторитетної організації на період до 2030 р., об'єднані у 17 груп [178] та пов'язані із 169 стратегічними завданнями виживання людської цивілізації. Зазначені цілі, як ми можемо бачити², включають і ті, що лежать у площині глобального енергоспоживання. Це вже дало підстави Міжнародному енергетичному агентству чітко конкретизувати головні

¹ Примітка.

Ліквідація абсолютної бідності і голоду (ціль 1); забезпечення загальної початкової освіти (ціль 2); сприяння гендерній рівності і розширенню прав жінок (ціль 3); скорочення дитячої смертності (ціль 4); поліпшення системи охорони материнського здоров'я (ціль 5); боротьба з ВІЛ/СНІДом, малярією та іншими захворюваннями (ціль 6); забезпечення екологічної стійкості (ціль 7); формування всесвітнього партнерства з метою розвитку (ціль 8).

² Примітка.

Подолання бідності (ціль 1); подолання голоду і розвиток сільського господарства (ціль 2); забезпечення міцного здоров'я і благополуччя (ціль 3); якісна освіта (ціль 4) і гендерна рівність (ціль 5); раціональне використання водних ресурсів і санітарія для всіх (ціль 6); забезпечення доступу до недорогих, надійних, доступних і чистих джерел енергії для всіх (ціль 7); сприяння поступальному, всеохоплюючому та сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх (ціль 8); розвиток промисловості інновацій та інфраструктури (ціль 9); зниження міри нерівності на внутрішньоукраїновому і міждержавному рівнях (ціль 10); підтримка сталого розвитку міст і громад (ціль 11); забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва (ціль 12); вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками (ціль 13); збереження та раціональне використання морських ресурсів (ціль 14); захист і відновлення екосистем суші (ціль 15); сприяння побудові миру, справедливості та сильних інститутів (ціль 16); зміцнення засобів розбудови партнерства заради сталого розвитку (ціль 17).

механізми, котрі необхідно впровадити для їх досягнення. Так, основний вектор розвитку глобального енергетичного сектору на найближчі двадцять-тридцять років тісно пов'язаний зі зменшенням викидів парникових газів в атмосферу у цілях виходу на нульову емісію парникових газів на період до 2070 р. [96, с. 77].

Зокрема, згідно зафіксованих у сценарії сталого розвитку ООН прогнозів, попри зростання глобальної економіки на рівні 3,4% щорічно на період до 2040 р., очікується значне зменшення світового попиту на вуглеводневі енергоджерела. Достатньо сказати, що ринок нафти з нинішньою місткістю від 65 до 70 млн барелів у день, до 2040 р. повернеться до рівня початку 1990-х років. Усі ми станемо також свідками суттєвого структурного перерозподілу інвестиційних капіталовкладень від викопних видів палива до відновлювальних енергоджерел, за якого інвестиції у викопне паливо зменшаться майже на 50% за одночасного 250%-ного збільшення інвестиційних капіталовкладень у відновлювальну енергетику [96, с. 77, 78].

Не менш важливою, у контексті екологізації глобального економічного розвитку, подією другої половини 2010-х років стало також ухвалення в кінці 2015 р. на 21-й конференції сторін Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату нової міжнародної кліматичної угоди – Паризького кліматичного договору. Прийшовши на зміну Кіотському протоколу, Паризький кліматичний договір ставить на глобальний порядок денний ключове завдання: розроблення і реалізацію державами у стислий часовий період (буквально упродовж кількох наступних десятиліть) національних стратегій довгострокового економічного розвитку, базованих на низькій емісії промисловістю і сільським господарством парникових газів, переході до зеленої, низьковуглецевої економіки, відмові від спалювання викопних видів палива, впровадженні чистих і безвідходних технологій виробництва, неухильному зниженні ризиків кліматичних змін для населення і світового господарства, а також повному переході системи глобального енергозабезпечення на відновлювальні джерела енергії.

Зазначені стратегічні цілі в енергетичному компоненті в обов'язковому порядку мають ув'язуватись з досягненням світовою спільнотою таких Цілей сталого розвитку ООН (що перебувають у центрі «Порядку денного 2030»), як-от: забезпечення доступу до недорогих, надійних, доступних і чистих джерел енергії

для всіх (ціль 7); сприяння поступальному, всеохоплюючому та сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх (ціль 8); забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва (ціль 12); а також вжиття невідкладних заходів щодо боротьби зі зміною клімату та його наслідками (ціль 13) [178].

Є всі підстави стверджувати, що глобальне кліматичне регулювання та перехід світового господарства на постіндустріальну модель економічного розвитку, базовану на низькому рівні емісії парникових газів, формують на сьогодні *потужні стимули для глобальної енергетичної трансформації* на основі системної модернізації світової енергетичної і виробничої систем, масштабного запровадження у суспільне відтворення енергоощадних й енергоефективних технологій (як головного інструменту зниження обсягу споживання енергії на одиницю виробленої продукції), а також масового залучення у міжнародний господарський обіг відновлювальних енергетичних ресурсів. Висока актуальність реалізації зазначених механізмів обумовлена тим, що саме енергетичний сектор генерує нині до 75% глобального обсягу шкідливих відходів [255]. Відтак – швидкість споживання енергоресурсів у контексті реалізації глобальної енергетичної трансформації у жодному разі не повинна перевищувати темпів їх відновлення, швидкість використання невідновлювальних енергоресурсів – спроможності людей їх відновлювати, а масштаби забруднення довкілля – здатності природи поглинати й очищувати відходи. Подібна постановка питання актуалізує питання щодо забезпечення глибокої конвергенції економічного, соціального й екологічного компонентів глобального розвитку з пошуком національними урядами, бізнесовим сектором і суспільством спільного розуміння перспективних траєкторій його розвитку у збереженому природному середовищі.

З другого боку, ні для кого не секрет, що глобальне кліматичне регулювання одночасно створює серйозні ризики довгостроковому збалансованому соціально-економічному розвитку держав і регіонів в силу збереження величезних інституційних обмежень, що виникають у процесі зниження викидів парникових газів. Так, реалізація Паризького кліматичного договору, метою якого є

недопущення перевищення приросту середньосвітової температури до кінця ХХІ ст. на 2°C , порівняно з доіндустріальним рівнем, і його збереження у межах $1,5^{\circ}\text{C}$, передбачає зниження викидів парникових газів у понад чотири рази до 2050 р. [78], здатного забезпечити повну декарбонізацію світової економіки [39]. Зокрема, за вказаний період Китай декларує 30%-не скорочення емісії парникових газів, Сполучені Штати Америки – на 80%, а Індія готова не нарощувати їх, навіть попри заплановані випереджальні темпи нарощування промислового виробництва [39].

У той самий час попередній десятирічний досвід засвідчує малоймовірність реалізації зазначеного сценарію. Підтвердженням цього є, зокрема, пандемія COVID-19, яка з усією очевидністю продемонструвала значні інституційні обмеження подібного скорочення енергоспоживання у глобальних масштабах. Даний висновок підтверджується, зокрема, даними Міжнародного енергетичного агентства, згідно яких у тих державах, котрі запровадили карантинні заходи, вже у квітні 2020 р. енергоспоживання зменшилось на 18-25% на тлі 5%-го скорочення світових викидів вуглекислого газу у першому кварталі 2020 р. порівняно з відповідним періодом 2019 р. [86].

Інакше кажучи, майже повна зупинка цілих секторів глобальної економіки дала змогу зменшити емісію парникових газів менше, ніж на 10%, тоді як системне виконання вимог Паризької кліматичної угоди об'єктивно вимагає реалізації у глобальних координатах масштабних заходів у царині впровадження тектонічних структурних зрушень у системі світового виробництва і споживання енергії, запобігання й уловлювання викидів парникових газів, а також докорінної зміни споживчої поведінки і способу життя світового населення [131, с. 16]. Оскільки національні уряди спроможні на сьогодні забезпечити лише імплементацію окремих схем і механізмів мінімізації викидів парникових газів, то для досягнення стратегічних цілей Паризької угоди темпи розвитку відновлювальних джерел енергії необхідно прискорити щонайменше ушестеро [68, с. 3]. Відтак – є всі підстави стверджувати про те, що жертвування динамікою економічного розвитку задля захисту довкілля у національних стратегіях і програмах соціально-

економічного розвитку все ще залишається під великим питанням [239, с. 59] і викликає масу дискусій у наукових і політичних колах.

Таким чином, з методологічних позицій парадигми сталого розвитку нова модель світового енергозабезпечення має бути здатною одночасно вирішити три ключові проблеми сучасного світогосподарського поступу:

по-перше, його системний перехід до принципово нової моделі енергозабезпечення на основі залучення у господарський обіг якісно нових джерел і видів енергетичних ресурсів;

по-друге, впровадження у суспільне виробництво енергоощадних технологій з метою оптимізації пропорційного співвідношення між глобальним виробництвом і споживанням енергетичних ресурсів та забезпечення у такий спосіб максимального задоволення споживчих енергопотреб людства;

по-третє, досягнення рівноваги між національними механізмами пропонування енергетичних ресурсів на світовому ринку (що забезпечуються політичним й економічним суверенітетом держав на свої природні ресурси) та інтернаціональними механізмами функціонування інститутів глобального енергетичного ринку, котрі надають суспільному попиту на них чітко вираженого міжнародного характеру.

Саме зазначені стратегічні цілі мають детермінувати, на нашу думку, векторну спрямованість реалізації найважливіших пріоритетів глобальної моделі стійкого розвитку з огляду на те, що енергетика забезпечує не тільки розв'язання цілої низки найгостріших проблем людства, але й попереджує їх виникнення. Підтвердженням цього є, зокрема, той факт, що нині близько 1,2 млрд осіб по усьому світу, або 17% кількості світового населення все ще продовжують жити без доступу до електроенергії. І це на тлі неухильно зростаючого глобального попиту на енергію (який на період до 2050 р. зросте приблизно на 50%) та електроенергію (майже на 100% відповідно). Виходячи з цього, центральним питанням глобального економічного розвитку залишається на сьогодні надійне забезпечення споживачів кінцевими видами енергії, яке, згідно оцінок авторів п'ятого видання *Energy Revolution Scenario* [43], може бути досягнуте, виключно за рахунок системного

застосування у глобальному суспільному відтворенні відновлювальних джерел енергії. Наприклад, використання лише 20% доступної на Землі вітрової енергії здатне щонайменше усемеро підвищити нинішній обсяг споживання електроенергії, а використання акумульованої у рослинній біомасі енергії здатне вирішити цілу низку найгостріших проблем глобального енергоспоживання без нанесення при цьому непоправної шкоди навколишньому середовищу.

Даний факт вже орієнтує світову спільноту на динамічне нарощування масштабів і структурну диверсифікацію зелених інвестицій з метою досягнення Цілей сталого розвитку ООН [53, с. 8]. І хоча багато національних урядів держав все ще не здатні усвідомити наявність чіткого зв'язку між завданнями сталого розвитку і функціонуванням ринків капіталу [72, с. 4], однак дедалі поширенішою практикою сьогодення є неухильне розширення фінансової бази міжнародних зелених інвесторів зі збереженням притаманних їх діяльності довгострокових горизонтів фінансового планування, реалізацією масштабних проєктів екологізації світової економіки і розбудовою глобальних інфраструктурних об'єктів. Достатньо сказати, що тільки у період 2015-2017 рр. загальний вартісний обсяг зелених інвестицій суверенних фондів багатства склав понад 11,1 млрд дол. США (рис. 1.1).

Хоча дана цифра не перевищує 0,2% сукупної вартості активів в їх управлінні [53, с. 47], однак лише через платформи зеленого кредитування суверенні фонди багатства профінансували за вказаний період програм і проєктів на загальну суму 4,3 млрд дол. США (38,7% загальної вартості здійсненого ними зеленого інвестування); у розвиток відновлюваної енергетики було інвестовано 3,5 млрд (31,2%), а у зелену інфраструктуру – 2,2 млрд (20,1% відповідно) (рис. 1.1).

За розрахунками ж експертів Групи Світового банку, у період 2006-2016 рр. зелені інвестиції суверенних фондів багатства становили у середньому близько 0,7% загальної вартості усіх зареєстрованих ними угод [53, с. 47], що є явно непропорційно сконцентрованому у руках цих інституцій капіталу та недостатньо для розбудови сталої моделі глобального економічного розвитку.

В останні роки активно включаються у реалізацію зелених й екологічно сталих інвестиційних проєктів також банківські установи (через механізми зеленого

банківського кредитування і страхування, сек'юрітизації активів й інвестиційних вкладень в основний капітал, брокерської діяльності і технічної допомоги тощо), зацікавлені інвестори, а також інструментарій кліматичного облігаційного фінансування як надважливий напрям екологічно і соціально відповідального інвестування. Якщо говорити конкретними цифрами, то станом на тепер пряме банківське кредитування охоплює більше 65% боргового і 50% прямого зеленого інвестування програм і проєктів у сфері відновлювальної енергетики [130, с. 11].

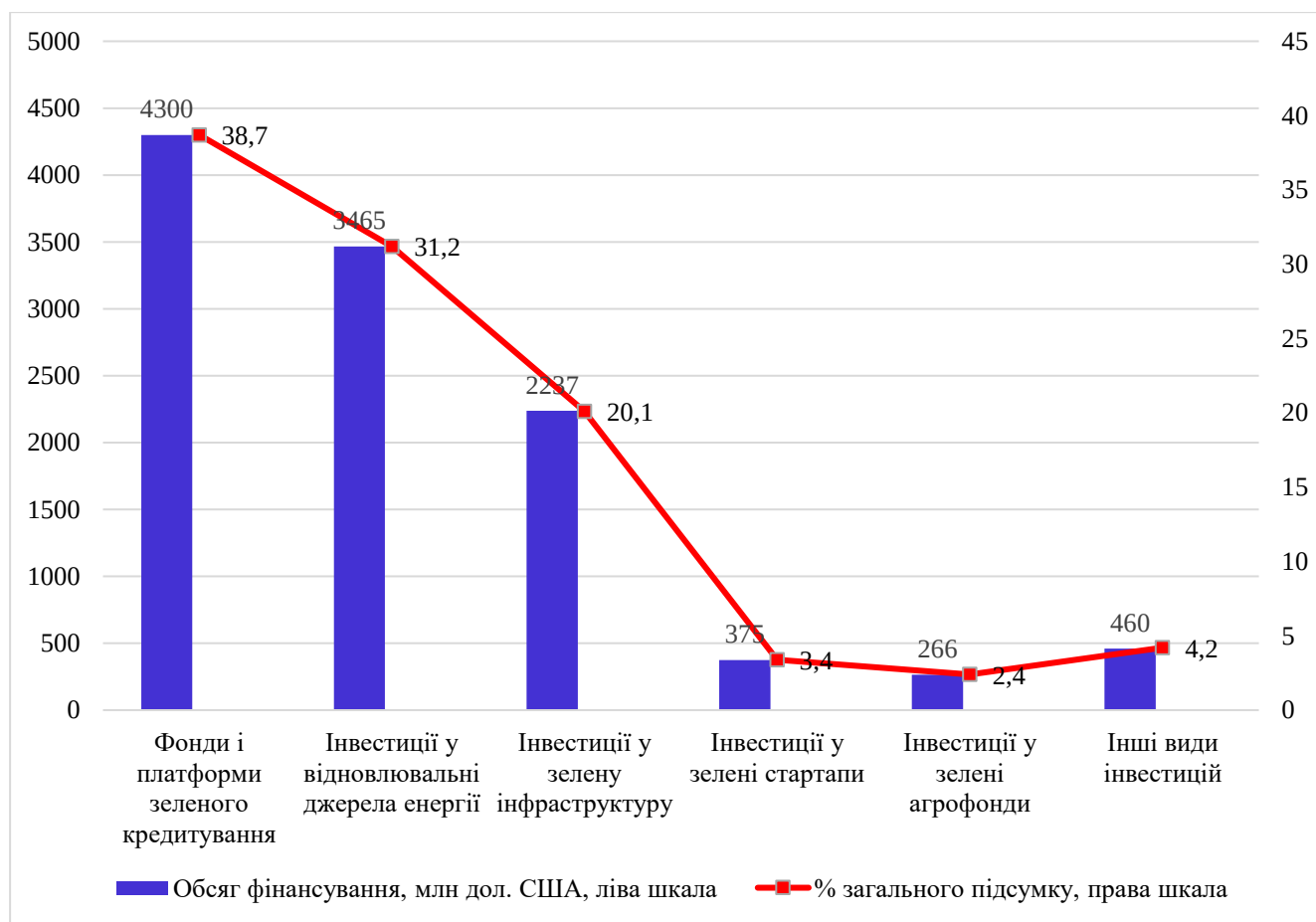


Рис. 1.1. Структура зелених інвестицій суверенних фондів багатства у 2015-2017 рр.

Джерело: побудовано авторкою за даними: [53, с. 49]

Водночас біля 250 світових банківських установ, які сконцентрували у своїх руках більше 40% активів глобальної банківської системи, в останні роки перейшли у своїй діяльності до реалізації Принципів відповідального банкінгу (*англ. – Principles For Responsible Banking*) [135], спрямованих на системну екологізацію банківських операцій і сервісів відповідно до критеріїв сталого економічного

розвитку. Наприклад, у Сполучених Штатах Америки зеленим кредитуванням активно займаються більше 100 банків, при цьому близько 20 з них надають кредити на суму понад 1 млрд дол. США [161]. Тільки у 2017 р. американські зелені банки інвестували у проєкти чистої енергетики більше 2,6 млрд дол. США, що дало змогу домогосподарствам США встановити фотоелектричні системи потужністю 5 кВт на 230 тис дахів будинків [26, с. 3].

Загалом же, за оцінками авторитетних міжнародних експертів, загальний обсяг фінансування зелених інвестиційних проєктів у сфері енергетики, транспортної інфраструктури, будівництва і забезпечення населення прісною водою становитимуть на період до 2025-2026 рр. десятки трильйонів доларів США [62; 177]. З огляду на значний брак державного бюджетного фінансування подібного роду інвестиційних проєктів, національні уряди неспроможні самотійно покрити сукупні витрати на зелений економічний розвиток, а відтак – пред’являють усе зростаючий попит на залучення капітальних активів ринковими каналами, у тому числі міжнародними.

Є всі підстави стверджувати, що стала модель енергетичного забезпечення глобального економічного розвитку, докорінно змінюючи поведінкові моделі й мотивації усіх учасників ринкових відносин, у кінцевому підсумку має забезпечити реалізацію у глобальній економіці ключового принципу сучасної філософії господарювання, а саме: найефективніше використання обмежених енергоресурсів на основі принципу розумної достатності. Його сутнісний зміст може бути ідентифікований, на нашу думку, через тріадичну призму загальних іманентних рис енергоспоживання ощадного типу, а саме: *по-перше*, орієнтації людської спільноти на споживання енергоресурсів у розумних межах; *по-друге*, нівелювання загроз їх надмірної експлуатації, виснаження і денатурації із забезпеченням фізичного і морально-психологічного здоров’я світового населення; *по-третє*, збалансування ключових параметрів енергетичної безпеки, цінової доступності та екологічної стійкості енергопостачання у форматі концепції так званої «енергетичної трилеми» [24].

Підбиваючи підсумок, зазначимо таке: концептуалізація сталого розвитку, яка набула в останні десятиліття широкого трансдисциплінарного поширення, у царині економічних досліджень характеризується глобальним охопленням об'єкта і предмета, з огляду на домінуючі глобальні витоки проблем захисту довкілля, послаблення антропогенного навантаження на нього, екологізації економічного розвитку та його переходу на низьковуглецеву основу. Гострота поточної ситуації детермінована на сьогодні вже не стільки загальними міркуваннями щодо виключної важливості збереження довкілля в інтересах прийдешніх поколінь, скільки нагальною необхідністю нівелювання прямих економічних збитків світового бізнес-сектору від кліматичних аномалій, що виникли з вини людини.

Даний факт дедалі більшою мірою орієнтує міжнародні організації, національні уряди, світову експертну спільноту та приватний бізнесовий сектор до повного усвідомлення невідкладності докорінної зміни у глобальних координатах усієї парадигми світогосподарського поступу та фундаментального переформатування структури міжнародної економічної системи у відповідності до екологічного імперативу сталого розвитку.

1.2. Еволюція енергетичних трансформацій: об'єктивна природа і рушійні сили

Енергетичні трансформації як циклічно повторювані перетворення однієї енергетичної системи на іншу, що супроводжуються відмиранням одних її елементів, ознак і властивостей та появою інших, на кожному етапі світогосподарського розвитку характеризувались своїми унікальними рисами й особливостями. Вони відбивають, на нашу думку, специфіку діючих у той чи інший період часу техніко-економічних, організаційно-економічних і суспільних відносин у їх діалектичній єдності з виробничими відносинами та відносинами економічної власності, що визначають пануючу у суспільстві модель енергоспоживання, співвідношення між структурними компонентами національних енергетичних балансів держав та формуванням їх нових елементів,

зміну питомих часток різних джерел енергії у виробництві валового внутрішнього продукту і сукупної доданої вартості; диверсифікацію джерел енергетичних ресурсів; форми і механізми їх залучення у господарський обіг, структуру інфраструктурного забезпечення енергетичного комплексу та ін. Синергетична дія зазначених напрямів енергетичної трансформації свідчить про перехід енергетичного базису суспільства на якісно вищий щабель розвитку, що супроводжується відповідними змінами в економічній структурі суспільства, типах і формах власності.

Маємо зазначити, що в останні десятиліття трансформаційні зміни в енергетичному секторі глобальної економіки розвиваються у *руслі ключових світогосподарських мегатрендів*, тобто усталених, масштабних і довгострокових соціально-економічних і політичних процесів, котрі детермінують кількісні, якісні і структурні параметри міжнародної економічної системи [241, с. 176]. Поглиблене дослідження даних мегатрендів, з урахуванням їх фундаментального впливу на трансформацію світового енергетичного сектору, дає змогу прогнозувати різноманітні сценарії світогосподарського розвитку, його темпи й векторну спрямованість. З історії ми знаємо, що хоч різні мегатренди у більшості випадків справляють доволі різнорівневий і різновекторний вплив на окремі держави і регіони світу, галузі і сектори світового господарства, однак дана обставина жодною мірою не позбавляє їх глобального характеру, з точки зору здатності впливати як на структурні параметри бізнес-діяльності, так і суспільний розвиток, культуру й особисте життя усіх жителів планети.

Що стосується світового енергетичного сектору, то в останні два століття *ключові мегатренди його еволюційної трансформації були детерміновані переважно структурно-технологічними зрушеннями у міжнародній економічній системі*, тісно пов'язаними з оновленням основного капіталу. За збереження визначального впливу даного імперативу вже упродовж наступних десятиліть всі ми станемо свідками значного посилення впливу на глобальну енергетичну трансформацію масштабних за сферою охоплення і великокапіталізованих за обсягами фінансування інвестиційних проєктів державних і приватних компаній у

сфері ресурсо- й енергоефективності, обмеження емісії парникових газів, структурних змін в енергоспоживанні та ін. Звернімось до цифр: за даними експертів дослідницького агентства Blumberg New Energy Finance, глобальний обсяг інвестиційних капіталовкладень у розбудову нових енергогенеруючих потужностей у період 2016-2050 рр. досягне 15,1 трлн дол. США. З цієї колосальної суми 80% (12,1 трлн) припадає на потужності відновлювальних джерел енергії; решта 20% (3 трлн) – сонячної і вітрової енергетики [121]. Щорічні ж обсяги інвестицій лише у сегменті відновлювальної енергетики становитимуть до 2040 р. близько 400 млрд дол. США; а Китай й Індія сукупно інвестують в енергетичний сектор близько 4 трлн дол. США упродовж 2017-2040 рр. [120].

З точки зору історико-логічного підходу, в цілому можна виокремити так звані мегатренди «вчорашнього дня» [241, с. 177], котрі, зародившись ще кілька десятиліть назад, і дотепер продовжують справляти доволі відчутний вплив на функціонування світового енергетичного сектору. Їх групу репрезентують насамперед демографічний «вибух» 1960-х років; трансформаційний перехід суспільства від промислового до постіндустріального етапу розвитку; системна інформатизація економічних відносин і динамізація електронної комерції; розширення використання бізнесовими і підприємницькими структурами аутсорсингових, франчайзингових, лізингових та інших популярних форматів бізнес-моделей тощо. Усі вони в останні десятиліття справляли потужний синергетичний вплив на динаміку розвитку світового енергетичного сектору, постійно переформатовуючи його структурні параметри у відповідності з об'єктивною необхідністю задоволення невпинно зростаючих потреб світової спільноти в енергетичних ресурсах. В якості прикладу наведемо, зокрема, мегатренд зростання чисельності світового населення, щорічні темпи якого у період 1950-1970-х років досягли пікового значення у майже 2% порівняно з 0,9% у 1913-1950 рр. (рис. 1.2). Результатом цього стало щорічне збільшення світового споживання енергоресурсів на 5,2% загалом і на 3,3% на одну особу, або з 2,6 млрд. т вугільного еквівалента у 1950 р. до 7,2 млрд у 1970 р. [98, с. 4].

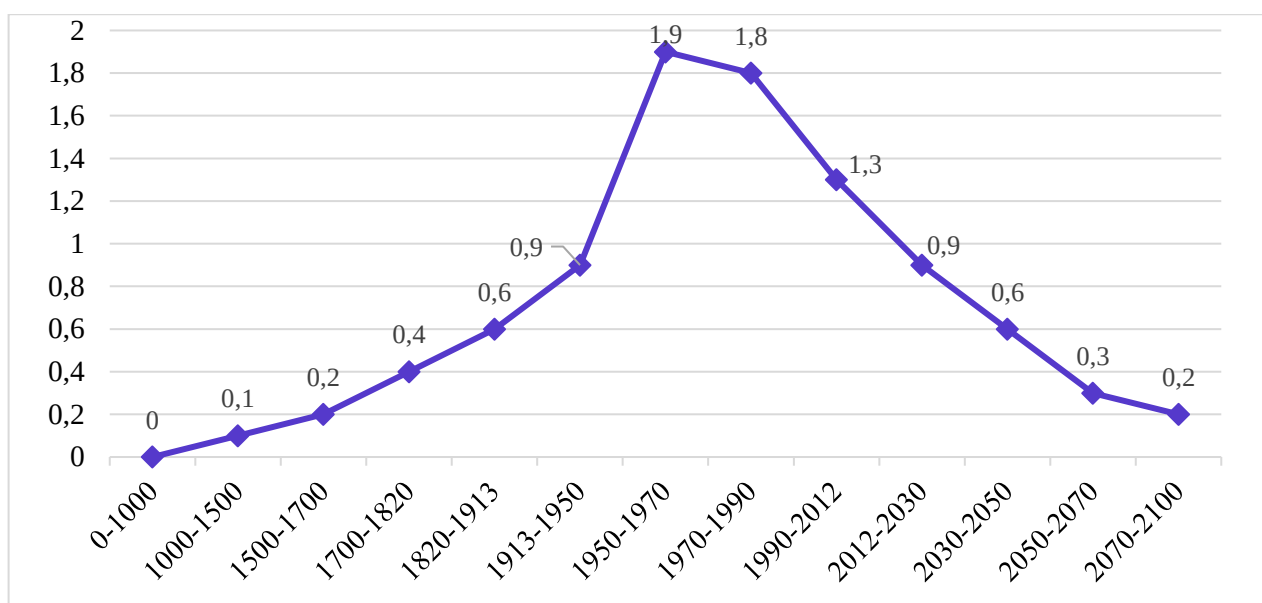


Рис. 1.2. Щорічні темпи зростання чисельності світового населення від античності до 2012 р. з прогнозом до 2100 рр., %

Джерело: побудовано авторкою за даними: [247, с. 86]

У період же 1990-2020 рр. щорічний глобальний обсяг енергоспоживання збільшився з 354 до 619 квдрлз БТО⁴ з перспективним трендом підвищення до 770 квдрл на період до 2035 р. та спадаючою часткою держав групи ОЕСР у глобальному енергоспоживанні з 56,5% у 1990 р. до 38,3% у 2035 р. (рис. 1.3).

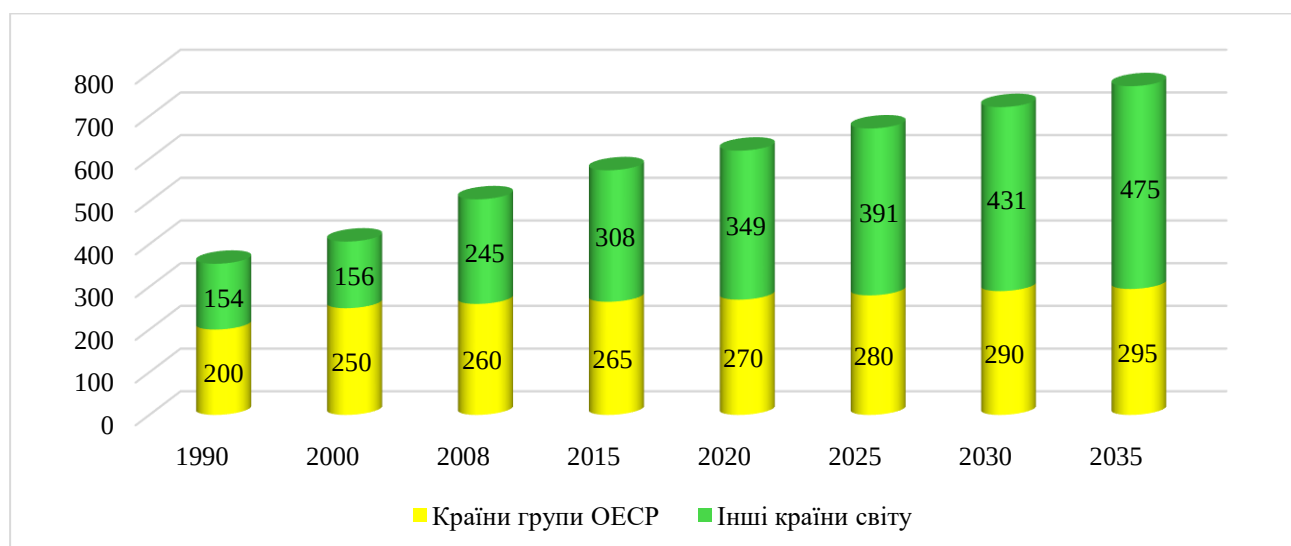


Рис. 1.3. Динаміка глобального енергоспоживання за різними групами держав у 1990-2020 рр. з прогнозом до 2035 р., квдрлз БТО

Джерело: побудовано авторкою за даними: [87].

³ Квдрл – квадрильйон.

⁴ БТО – британська теплова одиниця, рівна 1054-1060 Дж, або 252-253 кал. енергії.

Якщо у період 1950-2000-х років середньорічні темпи зростання чисельності світового населення становили близько 1,8% за 3,7%-го зростання світового реального валового внутрішнього продукту, то з 2001 р. до 2013 р. співвідношення відповідних показників становило вже 1% / 1,5% [241, с. 177]. При цьому з 2000 р. спостерігається також стабільне перевищення темпів приросту світового ВВП порівняно з показником глобального ВВП на одну особу (рис. 1.4), що свідчить про невпинно наростаючий в останні десятиліття дисбаланс ключових світогосподарських пропорцій та формування якісно нових викликів і загроз життєдіяльності людства.

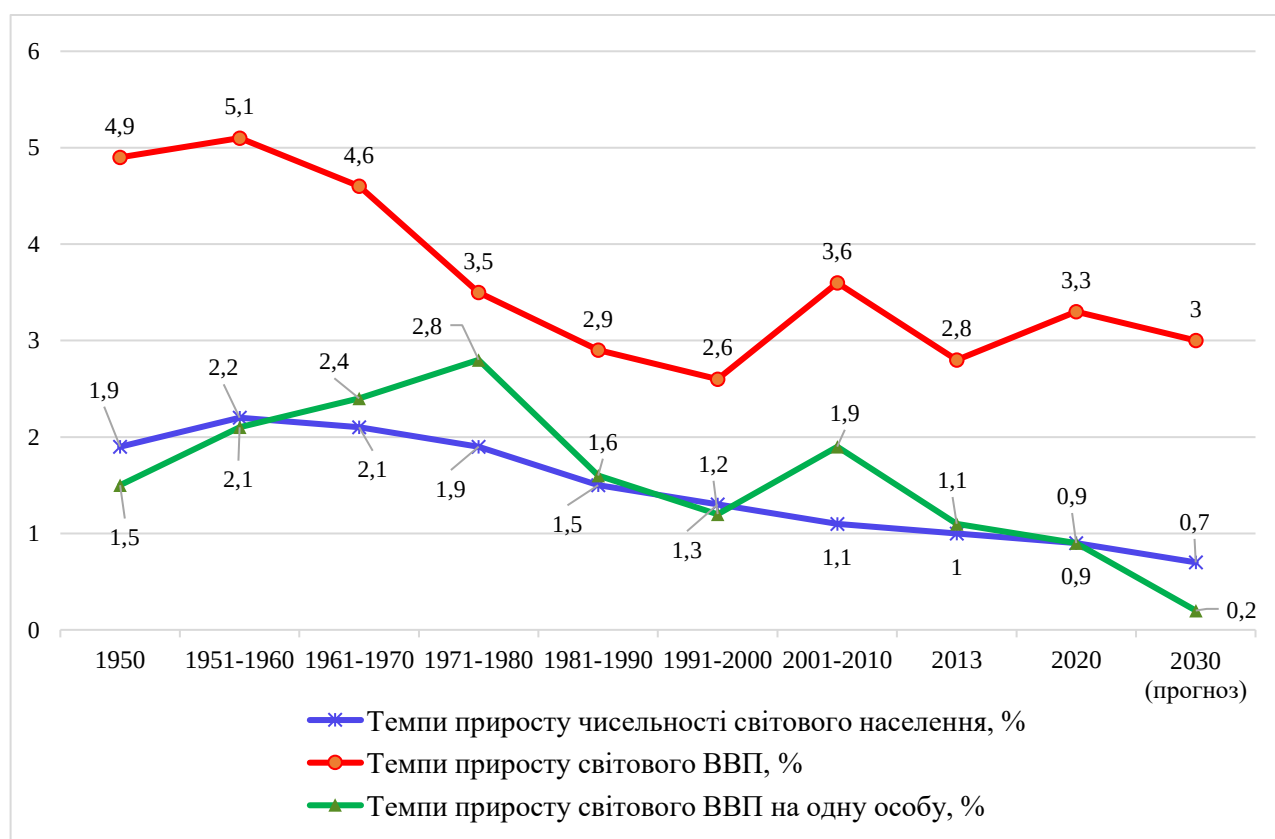


Рис. 1.4. Співвідношення ключових світогосподарських пропорцій щодо приросту світового ВВП, ВВП на одну особу і чисельності світового населення у 1950-2020 рр. з прогнозом до 2030 р, %

Джерело: побудовано авторкою за даними: [25]

Звернімо також увагу на те, що навіть зниження щорічних темпів приросту чисельності світового населення до 1,3% у 1990-2012 рр. та 0,9% у період 2012-2030 рр. не здатні, за оцінками авторитетних міжнародних експертів, суттєво зменшити глобальне енергетичне споживання і пов'язану з ним емісію викидів

вуглекислого газу. Підтвердженням цього є, зокрема, той факт, що у період 1990-2017 рр. пов'язані з енергоспоживанням викиди CO₂ зросли у 1,6 разу, тоді як чисельність світового населення – лише у 1,4 разу. Це свідчить про значне збільшення показника емісії CO₂ на одну особу у результаті значного підвищення матеріального добробуту і рівня життя населення практично усіх країнах і регіонах світу. І це на тлі 35%-ного зниження рівня енергомісткості глобального ВВП, що відбиває доволі незначні зміни показника вуглемісткості спожитої енергії в останні тридцять років, який збільшився лише на 0,4% [131, с. 17].

З другого боку, можемо виокремити довгодіючі мегатренди, котрі хоча й зародились відносно нещодавно, однак закладають перспективні траєкторії подальшого глобального економічного розвитку. Це, зокрема, розбудова у світових координатах зеленої економіки; екологізація, сайєнтифікація і технологізація глобального виробництва; урбанізація і пов'язані з нею тенденції щодо значного покращення способу життя та підвищення матеріального добробуту світового населення та ін.

Однак, найпотужнішим мегатрендом енергетичної трансформації на усіх етапах світогосподарського розвитку завжди був і залишається дотепер *науково-технічний прогрес*. Специфіка його впливу на процеси енергетичної трансформації виявляється у тому, що він охоплює усі структурні ланцюги надскладної мережі технологічних процесів в енергетиці – від добування з природного середовища первинних енергоресурсів (у формі твердого, рідкого та газоподібного палива; сонячної, вітрової і гідроенергії; радіоактивних матеріалів) до їх перетворення у проміжні типи енергоносіїв (у формі електроенергії, пару і гарячої води та ін.) з їх наступним переходом у різноманітні види так званої кінцевої енергії. Остання активно використовується у всіх сферах людської життєдіяльності у формі освітлення, роботи стаціонарних і мобільних силових установок, інформаційних і радіаційних апаратів тощо.

Саме фундаментальний вплив імперативів науково-технічного прогресу лежить в основі глибокої конвергенції і «накладення» у просторі і часі еволюційно-етапного розвитку технологічних укладів і світової енергетичної трансформації. Йдеться про те, що кожному етапу розвитку технологічних укладів завжди

відповідали притаманні лише йому структура і модель світового енергоспоживання, домінуючі форми і механізми залучення енергетичних ресурсів у суспільне відтворення, його енергетично-інфраструктурне забезпечення, контрактна структура енергоринку, механізми функціонування і регулювання його ключових сегментів, конкурентна диспозиція ключових ринкових акторів, домінуючі види і методи ціноутворення на енергоресурси. Відтак – циклічно повторювані енергетичні трансформації за своєю природою завжди були напряду пов'язані з появою критичної маси інноваційних технологій. Втілюючи якісно новий рівень інноваційної технологізації світового енергетичного сектору, дані технології були спроможними задовольняти неухильно зростаючі енергетичні потреби людства на основі удосконалення і структурної диверсифікації енергетичного базису міжнародної економічної системи. У результаті – вони детермінували фундаментальні технологічні зрушення у світовому відтворенні енергетичних ресурсів з повною відмовою від застарілих технологій на користь інноваційних технологічних рішень в енергетичній сфері.

При цьому не можна випускати з уваги ще одну важливу обставину: об'єктивною передумовою еволюційного розвитку світової енергетичної системи у форматі енергетичних трансформацій є ключова економічна суперечність між потребами масштабування світового виробництва та підвищення продуктивності суспільної праці, з одного боку, та нездатністю наявних енергетичних ресурсів її забезпечити з причин вичерпання свого потенціалу, з другого. Досягнення даною суперечністю критичного загострення та набуття нею антагоністичного характеру мають своїм закономірним наслідком настання енергетичних криз, котрі, забезпечуючи її тимчасове розв'язання, є головним рушієм подальшого «перезавантаження» світової енергетичної системи на якісно новій парадигмальній основі. Остання передбачає залучення у світове суспільне відтворення принципово нових видів енергоресурсів, зміну співвідношення в енергоспоживанні існуючих видів ресурсів, розбудову нових елементів енергетичної інфраструктури, формування нових структурних компонентів світової енергосистеми, становлення нових й ускладнення існуючих взаємозв'язків між ними, що свідчить про перехід енергетичного базису світового господарства на вищий щабель розвитку.

Доречно також відзначити, що саме у періоди енергетичних криз завжди формується суспільна затребуваність на енергетичні трансформації з формуванням попиту з боку населення і промислового сектору на якісно нові види енергетичних ресурсів і товарів. Підтвердженням цього є періодично повторювані світові енергетичні кризи, котрі сколихнули світ у XX ст. Зокрема, енергетична криза 1930-х років, яка виникла у період масштабної індустріалізації економік держав класичного капіталізму (Сполучених Штатів, Німеччини, Великобританії, Франції, Італії та ін.) та їх переходу до кейнсіанської парадигми макроекономічного регулювання, спричинила стрімке зростання попиту з боку світової промисловості на електроенергію, нафту і нафтопродукти. Зазначені сектори світового енергетичного сектору сформували потужну індустріальну базу цих держав, вивівши їх на десятиліття уперед у лідери економічного, науково-технічного і соціального прогресу.

Своєю чергою, енергетична криза середини 1970-х років – першої половини 1980-х років спричинила різке підвищення світових цін на паливно-енергетичну і мінеральну сировину (рис. 1.5), спонукавши держави-лідери до масового використання у виробничих процесах ресурсощадних й енергоефективних технологій. Саме останні заклали докорінно відмінні підходи в оцінці ефективності макроекономічного і науково-технічного розвитку держав, вивівши у число пріоритетних його індикаторів показник енергомісткості валового внутрішнього продукту. Достатньо сказати, що темпи зростання енергоспоживання зменшились з 5% щорічного приросту у період 1945-1970-х років до 2% – у 1970-2010-ті роки за одночасного падіння темпів світового економічного зростання з 4-5% до 3% відповідно [41, с. 32]. При цьому, незважаючи на значне зниження залежності провідних держав світу від поставок сировини, упродовж усього XX ст. і до недавнього часу саме вони залишались основними її споживачами, володіючи при цьому 40% глобальних розвіданих енергетичних запасів.

Не можемо не відзначити ще однієї важливої риси світової енергетичної кризи середини 1970-х років – першої половини 1980-х років: на тлі динамічної розбудови підприємницького сектору національних економік держав-лідерів, прискореної лібералізації усіх форм економічної діяльності їх суб'єктів господарювання та

переходу макроекономічної політики від кейнсіанських до монетарних механізмів регулювання соціально-економічних процесів спостерігається чітко виражений тренд щодо прискореного розвитку атомної енергетики.

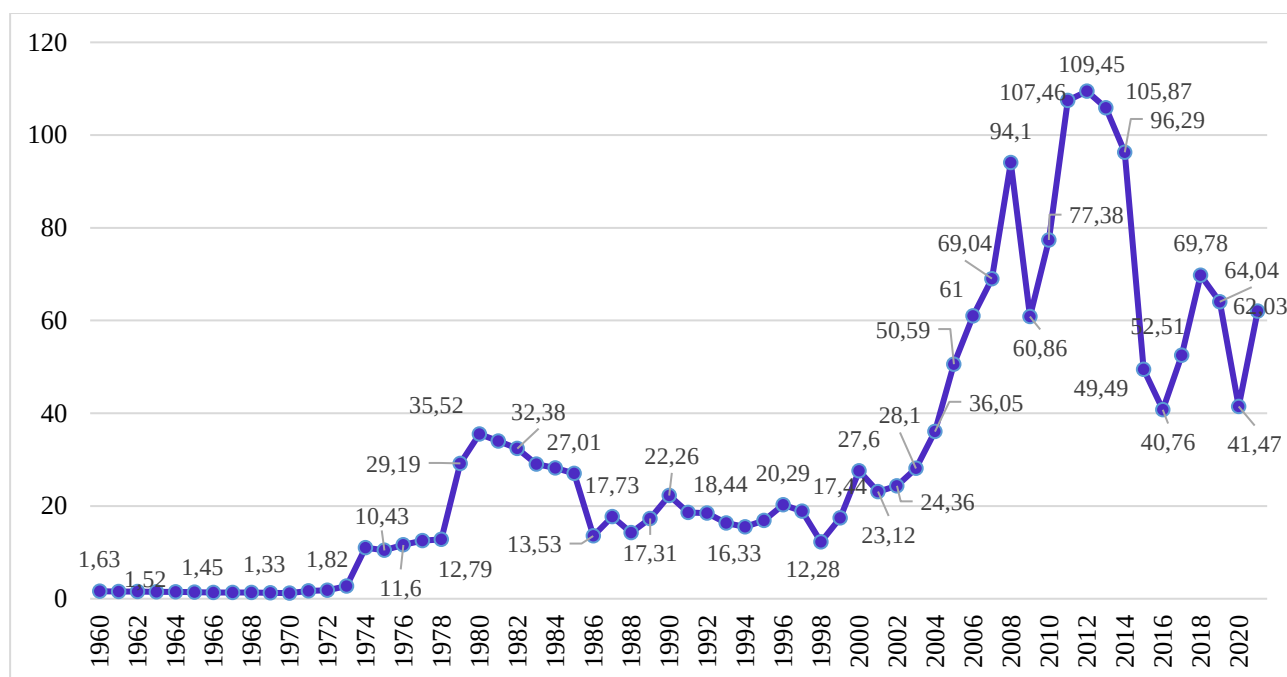


Рис. 1.5. Динаміка цін на нафту країн-членів ОПЕК у 1960-2021 рр., дол. США за 1 барель

Джерело: побудовано авторкою за даними: [8]

Одночасно стрімко зростає й світовий попит на газ як основний вид енергетичного ресурсу для житлово-комунального господарства та промислових компаній малого і середнього бізнесу [41, с. 32]. Тож є всі підстави стверджувати, що саме енергетична криза другої половини 1970-х – першої половини 1980-х років заклала міцний економічний фундамент системної постіндустріалізації національних економік країн-лідерів, стимулювавши їх структурну модернізацію і формування високотехнологічних й інформаційно-містких галузей і секторів, мало залежних від енергопостачань.

І, нарешті, енергетична криза, яка розпочалась у 2008 р. і триває донині, принципово відрізняється від усіх попередніх однією визначальною рисою, а саме: значною диверсифікацією джерел і рушійних сил розгортання кризових явищ. Якщо у 1930-1990-ті роки вони були пов'язані виключно зі зростанням цін на енергоносії та з так званими нафтовими «шоками», то кінець 2000-х років характеризується долученням до зазначених джерел механізму фінансових

спекуляцій. Йдеться насамперед про перетворення енергетичного сегменту глобального ринку на своєрідний центр нагромадження надлишкової валютної ліквідності, залученої з фінансового ринку.

Інакше кажучи, об'єктивною основою перманентних енергетичних трансформацій є довготермінові тренди світогосподарського розвитку, які на тому чи іншому етапі його еволюційного розвитку вступають у гостру суперечність з діючими енергетичними обмеженнями. Останні унеможливають поступовий еволюційний розвиток світогосподарської системи у рамках старої енергетичної парадигми, а відтак – висувають у число пріоритетних завдань повне «перезавантаження» її енергетичного базису, переведення на нові енергетичні «рейки» та формування нової довготермінової траєкторії розвитку світового енергетичного сектору. При цьому спостерігається певне «накладення» у просторі і часі різних енергетичних парадигм, оскільки кожна наступна з них, як свідчить світовий досвід, завжди зароджується у надрах старої, тож певний період часу вони співіснують одночасно. При цьому не можна випускати з уваги ще одну важливу обставину: усі мегатренди, процеси і явища, котрі детермінують форми і механізми залучення енергетичних ресурсів у світовий господарський оборот, в обов'язковому порядку мають аналізуватись з глибоких системних і трансдисциплінарних позицій.

З огляду на це, обрання нами концепції технологічних укладів до аналізу еволюційної логіки енергетичних трансформацій не є випадковим, оскільки вона, на нашу думку, є найбільш перспективним й універсальним методологічним підходом до ідентифікації так званих підривних (*англ. – disruptive*) технологій. Останні, формуючи «ядро» кожного технологічного укладу, детермінували по суті перманентні фундаментальні енергетичні трансформації, котрі переводили світове енергоспоживання на якісно вищий щабель розвитку з точки зору його як кількісних, так і структурних параметрів. На цій основі робимо висновок: *під енергетичними трансформаціями у широкому трактуванні даної категорії слід розуміти* періодично повторювані переходи енергетичного сектору світового господарства від використання одного виду енергоресурсів до іншого з повним чи частковим заміщенням першого з метою забезпечення найбільш повного

задоволення енергетичного попиту економіки і суспільства та забезпечення належного рівня міжнародної енергетичної й екологічної безпеки.

Таким чином, в еволюції енергетичних трансформацій останніх трьох століть можемо чітко виокремити *чотири етапи*, котрі за своїми масштабами, широтою охоплення галузей і секторів світового господарства, а також механізмами впливу на його структурну динаміку повною мірою відтворюють історичну логіку еволюційного розвитку технологічних укладів. Конкретизуємо й охарактеризуємо кожен з них (додаток А).

Так, *перший етап енергетичної трансформації* у форматі індустріально-споживчої, вугільно орієнтованої моделі бере свій початок ще у кінці XVIII ст., остаточно оформлюється до 1980-х років і триває до першої половини 1910-х років. Як бачимо, його зародження співпало у часі з першою промисловою революцією, а існування – з пануванням технологій першого і другого технологічних укладів. Вони стали матеріальним базисом утвердження у світових координатах індустріального способу виробництва з притаманними його ядру текстильною промисловістю і паровими машинами (на етапі першого технологічного укладу), а також тяжким машинобудуванням, хімічною промисловістю, чорною металургією, транспортною інфраструктурою, паровим залізничним, суднохідним й автомобільним транспортом, будівництвом судноплавних каналів (на етапі другого технологічного укладу).

Потребуючи на свій розвиток дешевих енергоджерел, зазначені галузі промисловості стимулювали масштабні процеси нагромадження капіталу у національних економіках держав-лідерів, забезпечивши у такий спосіб високу динамічність їх розвитку на основі неухильного нарощування масштабів добування кам'яного вугілля. Відтак – ключовою відмітною рисою першого етапу енергетичної трансформації є домінування у світовому енергоспоживанні вугілля, яке за своїми техніко-технологічними й енергетичними характеристика повною мірою задовольняло на той час енергетичні потреби світового суспільства до періоду масового виробництва автомобілів [56]. Натомість нафта як енергоресурс має у цей період дуже вузьке застосування в економіці і використовується виключно як джерело освітлення і котельно-підного палива.

Більше того, налагодження у кількох штатах США доволі масштабного видобутку нафти за умов відносно низького попиту на неї з боку населення і промислового сектору призвело до формування дуже низьких цін на неї [197, с. 29], що не давало можливості виробникам сформувати масштабні фонди капітального нагромадження та забезпечити технологічну модернізацію галузі, здатну вивести її на якісно вищий щабель розвитку.

Перший етап енергетичної трансформації, який ми кваліфікуємо як *Енергетика 1.0*, характеризується також фрагментарною інституціоналізацією світового енергетичного ринку. Її ключовими проявами є певна стихійність його продуктово-видової структуризації в частині поступового формування нафтового сегменту. Зауважимо, що за умов панування вільної конкуренції та украй обмеженого суспільного попиту на нафту надлишкові обсяги її видобування практично обнуляли її цінові котирування з переведенням усіх комерційних операцій у режим короткострокових торговельних контрактів [197, с. 30].

Однак, незважаючи на відносно нетривалий історичний період часу панування стихійного характеру структуризації ринку нафти (який закінчився з масовим скуповуванням виробниками нафти об'єктів нафтопереробної інфраструктури і встановленням глобальної монополії корпорації Standard Oil), енергетична трансформація у форматі Енергетика 1.0 існує практично до середини 1910-х років і завершується з початком розроблення і широкого впровадження у промисловому виробництві держав-лідерів двигунів внутрішнього згорання і дизель-генераторів, а відтак – стрімким переходом світової енергетики до так званої «нафтової ери» [200]. Вона супроводжується не тільки інтенсивним добуванням вуглеводнів, але й широкомасштабним промисловим освоєнням природних надр, що стало закономірною реакцією світової енергетики на об'єктивну необхідність забезпечувати швидкозростаючі енергопотреби міжнародної економічної системи.

Своєю чергою, системне освоєння технологій перетворення механічної енергії в електричну з одночасним динамічним розвитком засобів передавання електроенергії каналами потужних централізованих енергосистем заклали енергетичний базис не тільки індустріальної моделі економічного розвитку, але й постіндустріалізму. Тож потребуючи споживання усе зростаючих обсягів бензину

для задоволення енергетичних потреб світового промислового комплексу, «нафтова ера» запустила по суті другий етап енергетичної трансформації, яку ми кваліфікуємо як *Енергетика 2.0*. Даний етап енергетичної трансформації, що реалізується у форматі вуглеводневої коммодитизованої моделі, охоплює період з другої половини 1910-х до середини 1970-х років (до перших світових нафтових «шоків»), «накладається» у часі з другою промисловою революцією, пануванням третього і четвертого технологічних укладів, а відтак – характеризується цілою низкою узагальнюючих рис. *По-перше*, слід відзначити неухильно зростаючий світовий попит на нафту, частка якої у сукупному енергоспоживанні досягла на кінець періоду більше 40% [71].

По-друге, незважаючи на зростання попиту на нафту, науково-технічний прогрес не тільки не допустив зростання цінових котирувань на даний енергетичний продукт, але й красномовно продемонстрував потужну дію ефекту масштабу, коли у міру нарощування обсягів добування нафти трансакційні витрати на видобуток кожного наступного бареля неухильно зменшувались. Перебуваючи під жорстким картельним контролем переважно американських багатонаціональних корпорацій (БНП), світові цінові котирування на нафту практично не змінювались. Самі ж БНП, забезпечуючи світовий видобуток, переробку, транспортування і продаж нафти у режимі довгострокових контрактів, сформували у доглобалізаційний етап розвитку світового господарства яскраво виражений ринок продавця з усіма притаманними йому рисами щодо довгострокового страхування американськими БНП ринкових позицій продуцентів енергоресурсів [175, с. 8-9].

Результатом цього стало довготермінове утримування цінових котирувань на нафту на достатньо низькому рівні, що, своєю чергою, спричинило наростаючий тренд щодо марнотратного характеру залучення даного енергетичного ресурсу у міжнародний відтворювальний процес, спричиняючи «вуглеводневу залежність» світового господарства. Достатньо сказати, що у період з 1920 р. до 1975 р. глобальне споживання нафти зросло майже у 36 разів – з 889 до майже 32 тис терават / год. (рис. 1.6).

По-третьє, енергетична трансформація у форматі Енергетика 2.0 характеризується також чітко вираженою інституційною структуризацією глобального нафтового ринку та трансформацією системи міжнародних конкурентних відносин в енергосекторі. Йдеться насамперед про «розмивання» глобальної монополії корпорації Standard Oil та формування чітко вираженої олігополістичної архітектури енергоринку в особі картелю компаній так званої групи «Сім сестер» (British Petroleum, Exxon, Gulf Oil, Mobil, Royal Dutch Shell, Chevron і Техасо). Даний картель, як відомо, отримавши необмежений доступ до видобутку нафтової сировини країн Близького Сходу, Африки і Південної Америки без сплати при цьому природної ренти, посіли глобальні лідерські позиції на світовому енергетичному ринку, чітко поділивши його регіональні і продуктово-видові сегменти.

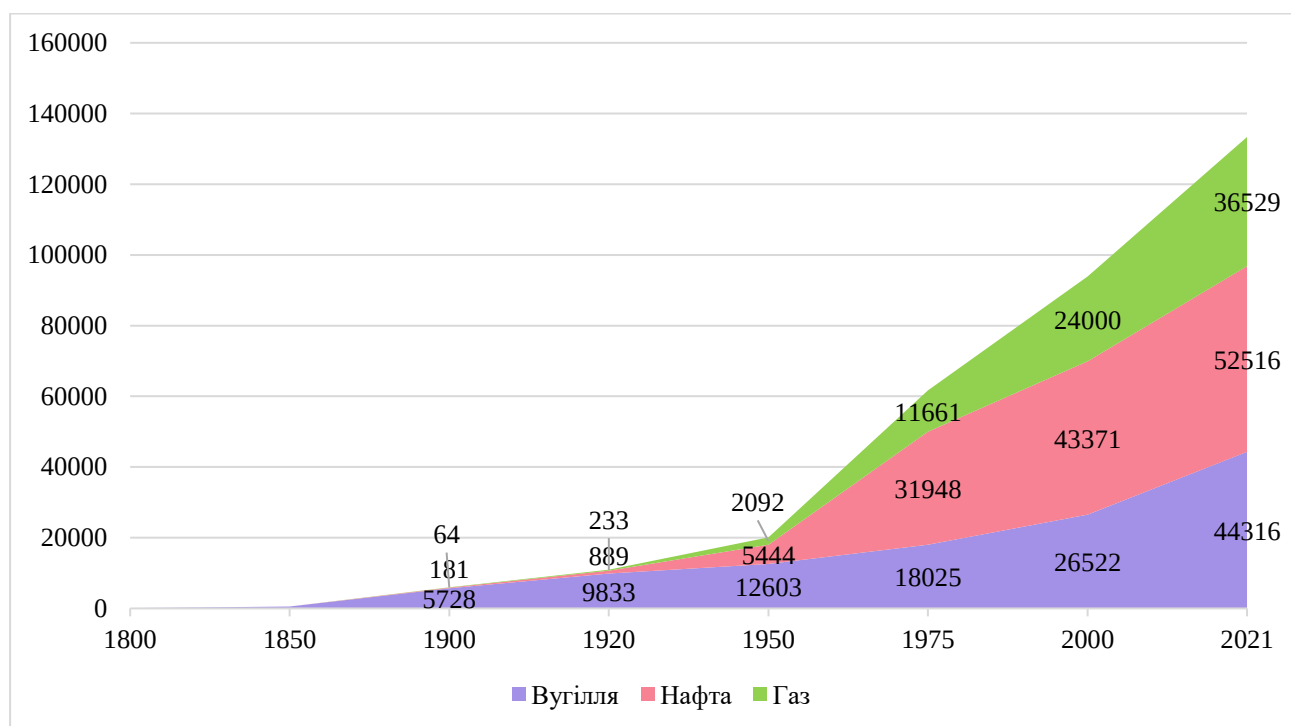


Рис. 1.6. Світове споживання первинної енергії за джерелами у 1800-2021 рр., терават / год.

Джерело: побудовано авторкою за даними: [71]

По-четверте, на тлі динамічного розвитку гідро- й теплової енергетики потужного імпульсу розвитку отримує також світова електроенергетика. Відкривши людству не бачені до тих пір технології акумулювання енергії та передачі її на відстань, електроенергетика кладе початок масовій електрифікації

світового промислового, транспортного, соціально-побутового і житлово-комунального комплексів.

По-п'яте, енергетична трансформація у форматі Енергетика 2.0 забезпечила суттєве розширення доступного обсягу світового енергетичного ресурсу на основі впровадження системних технічних досягнень у сфері розвідування і добування рідких і газоподібних вуглеводнів на основі 3-d і 4-d геосканування, моделювання із застосуванням суперкомп'ютерів, методів зміни структури і властивостей вуглеводнів, а також удосконалення технологій їх видобутку в екстремальних умовах. Достатньо сказати, що саме у цей період світове виробництво енергоресурсів зросло учетверо, а у розрахунку на одну особу – удвічі [197, с. 21].

По-шосте, на базі технологій четвертого технологічного укладу (освоєння енергії атома, квантова електроніка, кібернетика, автоматизовані системи управління виробництвом), котрі виникли на базі першої науково-технічної революції та почали особливо стрімко набирати обертів з 1930-х років, вже до початку 1950-х років було створено усі необхідні технічні передумови для переходу людства до «атомної ери». Вона означилась широким долученням до виробництва енергії технологій радіоактивного розпаду з одночасним широким освоєнням газових родовищ, розбудовою магістральних трубопроводів і високовольтних розподільчих електромереж. Достатньо сказати, що тільки у США у період 1960-1980 рр. загальна протяжність газопроводів збільшилась з 630,9 до 1051,8 тис миль (з подальшим збільшенням до 1645,1 тис миль станом на кінець 2020 р.); у тому числі розподільчих газопроводів – з 391,4 до 701,8 тис миль (1326,3 тис миль), трансмісійних газопроводів – з 183,7 до 266,5 тис миль (301,6 тис миль), а об'єднуючих газопроводів – з 55,8 до 83,5 тис миль (з подальшим зменшенням до 17,2 тис миль у 2020 р.) (табл. 1.1).

Як бачимо, на тлі падіння частки трансмісійних (з 29,1% у 1960 р. до 18,3% у 2020 р.) й об'єднуючих газопроводів (з 8,9 до 1,1%) за вказаний період спостерігається неухильне зростання частки розподільчих газопроводів (з 62 до 80,6% відповідно), що свідчить про наростання тенденції щодо децентралізації газової промисловості цієї держави.

Таблиця 1.1

Загальна протяжність газопроводів США у 1960-2021 рр.,

тис миль / % загального підсумку

Рік	Розподільчі газопроводи	Трансмісійні газопроводи	Об'єднуючі газопроводи	Усього
1960	391,4 / 62,0	183,7 / 29,1	55,8 / 8,9	630,9 / 100,0
1965	494,5 / 64,4	211,3 / 27,5	61,7 / 8,1	767,5 / 100,0
1970	594,8 / 65,1	252,2 / 27,6	66,3 / 7,2	913,3 / 100,0
1975	648,2 / 66,2	262,6 / 26,8	68,5 / 7,0	979,3 / 100,0
1980	701,8 / 66,7	266,5 / 25,4	83,5 / 7,9	1051,8 / 100,0
1985	784,9 / 70,6	290,5 / 26,2	35,5 / 3,2	1110,8 / 100,0
1990	945,9 / 74,5	291,9 / 22,9	32,4 / 2,6	1270,3 / 100,0
1995	1003,9 / 75,4	296,9 / 22,3	30,9 / 2,3	1331,8 / 100,0
2000	1050,8 / 76,3	298,9 / 21,7	27,6 / 2,0	1377,3 / 100,0
2005	1165,0 / 78,2	300,5 / 20,2	23,8 / 1,6	1489,2 / 100,0
2010	1229,9 / 79,1	304,8 / 19,6	19,6 / 1,3	1554,3 / 100,0
2015	1275,6 / 80,0	301,2 / 18,9	17,8 / 1,1	1594,5 / 100,0
2017	1296,9 / 80,3	300,8 / 18,6	18,1 / 1,1	1615,8 / 100,0
2019	1318,9 / 80,5	302,3 / 18,4	17,8 / 1,1	1639,0 / 100,0
2020	1328,9 / 80,6	301,7 / 18,3	17,5 / 1,1	1648,1 / 100,0
2021	1340,6 / 80,8	301,5 / 18,2	17,0 / 1,0	1659,1 / 100,0

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними: [187]

Друга науково-технічна революція, яка стартувала в останні два десятиліття ХХ ст., мала своїм закономірним наслідком формування у світових координатах п'ятого технологічного укладу. Будучи тісно пов'язаним з комп'ютерними й інформаційно-комунікативними технологіями, динамічним розвитком космічної техніки і мікроелектронної промисловості, даний технологічний уклад спричинив нову фазу енергетичної трансформації світового господарства. Він набуває особливо кристалізованих форм прояву на рубежі 1970-1980-х років, здобуває згодом чітко виражених ознак і характеристик енергетичної трансформації у форматі вуглеводневої фінансово орієнтованої моделі *Енергетика 3.0.* та завершується у кінці 2000-х років. Її прикметними ознаками є насамперед суттєвий перерозподіл глобального енергоспоживання на користь природного газу, атомної і різноманітних видів відновлювальної енергії, що було досягнуто насамперед завдяки сповільненню темпів приросту нафтоспоживання на тлі одночасного стрімкого підвищення цін на нафту. Достатньо сказати, що частка природного газу у щорічному глобальному споживанні первинних енергоресурсів практично

подвоїлась упродовж 1980-2010 р., збільшившись з 53 до 113 трлн куб. футів [73]; а станом на 2019 р. його частка досягла 24,2% [172, с. 4].

Основні причини подібного роду змін продуктово-видової структури світового енергоспоживання криються у фундаментальних змінах суб'єктної структури енергетичного ринку. Йдеться насамперед про наростаюче у даний період його історичного розвитку стрімке виснаження нафтових родовищ у Північній Америці (як одного з найбільших регіонів – ресурсних споживачів), що на тлі динамічної глобалізації ринку призводить до формування у світовому господарстві цілої низки локальних точок формування попиту і споживання нафти. Одночасно спостерігається певне «замикання» й «автономізація» національних енергоринків більшості держав-експортерів Близького Сходу і Північної Африки, що виявляється у стрімкому зниженні рівня їх транснаціоналізації з причин витіснення з власних ринків західних багатонаціональних компаній, а також переході даної групи країн на концесійні моделі користування природними надрами. Останні, реалізуючись в основному на основі імплементації інструментарію перерозподілу на рівні державних бюджетів отриманих рентних доходів країн від нафтовидобутку у формі субсидій громадянам та бізнес-структурам неенергетичного сектору економіки [197, с. 31], забезпечили певне вирівнювання існуючих асиметрій у рівнях розвитку галузей і секторів їх національних економік.

Водночас стрімке підвищення цін на нафту спричиняє ще один важливий тренд енергетичної трансформації Енергетика 3.0, а саме: її глибоке «вбудовування» у глобальні вартісні ланцюги, сформовані у світовому виробничому комплексі. Йдеться насамперед про перетворення нафти у чи не найважливіший компонент усіх структурних ланок глобальних вартісних ланцюгів, що спричиняє тісний взаємозв'язок між зростанням цін на нафту, підвищенням трансакційних витрат енергомістких виробництв (як основних споживачів енергоносіїв), а відтак – зростанням витрат усіх інших виробничих комплексів, що є споживачами їх товарів. Тож зростання трансакційних витрат за усіма ланками глобальних вартісних ланцюгів лежить в основі нарощування витрат у виробників

енергетичних товарів, котрі одночасно є споживачами товарів і послуг інших галузей і секторів світової економіки [197, с. 35].

Дещо конкретизуємо зміни суб'єктної структури світового енергоринку у період енергетичної трансформації 3.0: при збереженні його олігополістичної природи на зміну світовій ринковій владі картелю компаній «Сім сестер» приходить олігополістична ринкова влада країн групи ОПЕК. Саме діяльність даного міждержавного картелю (з часткою у 40% глобального експорту нафти [124]), будучи зорієнтованою на урегулювання нафтовидобутку і процесів ціноутворення на даний енергетичний ресурс, встановлення економічно обґрунтованих і регулярних його постачань країнам-споживачам та достатнього рівня рентабельності інвестиційних капіталовкладень у нафтодобувний сектор, забезпечила не тільки міжнародну конвергенцію і координацію національних політик держав-членів, але й стабілізацію нафтових цін на відносно високому рівні. Йдеться, зокрема, про понад десятиразове підвищення цін на нафту упродовж 1970-1980 рр., а саме: з 10,8 до 104,1 дол. США за барель (у цінах 2013 р.) [83].

Тут маємо також зазначити фундаментальний вплив на цінові котирування нафти у зазначений період не тільки об'єктивних (ринкових і неринкових) структурних факторів, пов'язаних зі зміною співвідношення її світового попиту і пропонування (модернізація економік країн-споживачів, зниження енергомісткості їх ВВП, впровадження енергоощадних й енергоефективних технологій тощо), але й цілої низки суб'єктивних чинників. З-поміж останніх найбільш вагомий вплив справляють, зокрема, спекулятивні фактори, котрі хоча й спричиняють короткотермінові коливання нафтових котирувань на глобальному ринку, однак неспроможні суттєво вплинути на його структурні параметри. Це дає цілком обґрунтовані підстави говорити про чітко виражену з другої половини 1980-х років модернізацію моделі світового енергоринку з його переходом від односегментної моделі (основу якої становить коммодитизований ринок фізичної енергії) до двосегментної моделі, що базується на глибокій конвергенції фізичної і так званої «паперової» енергії, пов'язаної з ринком енергетичних деривативів.

При цьому, хоча на сьогодні і спостерігається глибока структурна конвергенція зазначених сегментних структур глобального енергоринку, однак за темпами приросту капіталізації безумовним лідером є ринок «паперової» енергії. На ньому енергетичні товари торгуються у статусі звичайних фінансових активів, що сформувались у результаті системної фінансиалізації світогосподарського розвитку та відбивають широке поширення у міжнародній торгівлі даною товарною групою механізмів управління ризиками. Так, ні для кого не секрет, що вже починаючи з 1970-х років дерегулювання і лібералізація усіх форм міжнародної економічної діяльності призвели до зростання невизначеності цінової кон'юнктури на енергетичну сировину і товари, активно спонукавши ринкових акторів до укладення контрактів їх купівлі-продажу з використанням похідних цінних паперів. Останні принесли на енергетичний ринок розгалужений технологічний інструментарій біржових операцій ринку цінних паперів, суттєво диверсифікувавши його суб'єктну структуру. На сьогодні ж багато товарних бірж активно торгують ф'ючерсами, ф'ючерсними опціонами, свопами та екзотичними опціонами на широкий асортимент енергетичних продуктів, включаючи сиру нафту, мазут, газойль, неетильований бензин та природний газ [55, с. 2].

Звернімось до цифр: щорічна кількість укладених ф'ючерсних контрактів на нафту марки Brent на Московській товарній біржі перевищує 440 млн одиниць; на нафту світлих сортів на Нью-Йоркській товарній біржі – 306 млн; на нафту Brent на Європейській енергетичній біржі – 235 млн; на природний газ на Нью-Йоркській товарній біржі – 114 млн; на газолін на Європейській енергетичній біржі – 82 млн (рис. 1.7). Загалом же, на енергетичні деривативи припадає на сьогодні понад 45% світового обсягу похідних інструментів, які укладаються на товарну продукцію [179, с. 34], що становило у кількісному вимірі майже 2,3 млрд контрактів у 2019 р. [179, с. 35]. З даного обсягу майже 48% припадало на контракти, укладені на біржах Азійсько-Тихоокеанського регіону, та по 26% контрактів торгуються на біржових майданчиках Американського регіону, а також групи країн EMEA (Європи, Середнього Сходу і Африки [179, с. 36].



Рис. 1.7. Кількість ф'ючерсних й опціонних контрактів на різні види енергетичної сировини за окремими міжнародними товарними біржами у 2018 р., млн одиниць

Джерело: побудовано авторкою за даними: [103]

Головною причиною стрімкого «роздування» в останні десятиліття світового ринку «паперової» енергії стало значне розширення ліквідності ринку енергетичних деривативів завдяки масштабному залученню «довгих» дешевих грошей, а відтак – формуванню «фінансових бульбашок». Це стало можливим після відміни у 1999 р. у США Закону Гласса-Стігала, що відкрило усі можливості фінансовим організаціям ефективно поєднувати комерційні й інвестиційні функції; а також ухвалення у 2000 р. Закону про модернізацію товарних ф'ючерсів. Останній законодавчий акт усунув усі існуючі до тих пір заборони для інституційних інвесторів – найбільших держателів «довгих» дешевих грошей (насамперед в особі пенсійних фондів і страхових компаній) здійснювати фінансові вкладення у ризикові активи.

Саме зазначені чинники спричинили з початку 2000-х років активне включення в операції товарних бірж економічних агентів ненафтового сектору світової економіки. Як результат – у біржові операції з енергетичними

деривативами були залучені колосальні обсяги фінансового капіталу, який не тільки забезпечив стрімке нарощування показників ліквідності ключових товарних фондових майданчиків, але й спричинив неухильне зростання кількості укладених контрактів. При цьому, як свідчить світовий досвід, ринок «паперової» енергії досягає стану рівноваги за умов усереднення цін на енергоносії до середньорічних значень за одночасного збереження доволі високої амплітуди їх волатильності у коротко- і середньостроковому періодах. Подібна закономірність цінової кон'юнктури світового енергетичного ринку завдяки фінансовим операціям перетворює енергосировину (насамперед нафту) практично в «ідеальний» біржовий товар [197, с. 35, 36].

І, нарешті, з початку 2010-х років стартує черговий етап енергетичної трансформації світового господарства у форматі сталої моделі *Енергетика 4.0*. Саме у цей період технології п'ятого технологічного укладу стають пануючими у глобальному промисловому й інноваційному розвитку, «накладаючись» у часовому вимірі на становлення третьої і четвертої промислових революцій. Комплексній характеристиці трансформації Енергетика 4.0 буде присвячено наступний розділ нашої роботи, тож тут обмежимося лише узагальненням її ключових загальних рис. У даному контексті маємо наголосити, що п'ятий технологічний уклад і шостий технологічний уклад, що зароджується у його надрах, в енергетичному вимірі перебуває у тісній конвергенції з ІТ-технологіями, що дає змогу забезпечити в рамках трансформації Енергетика 4.0 ефективну децентралізацію світового виробничого комплексу, трансформацію розподілу енергії з вертикально-управлінської організації у бік поглиблення горизонтальних взаємодій суб'єктів енергоринку різних рівнів, організаційно-економічних й інституційних форм.

Зауважимо також, що подібно першій і другій промисловим революціям, третя революція докорінно трансформує не тільки усі сфери людської життєдіяльності, але й діючу систему владних відносин і ключові параметри *світового енергетичного порядку*. Останній, як система інституціоналізованих на наднаціональному рівні правил, норм і регуляторів міждержавних відносин у сфері

видобування, переробки, транспортування і торгівлі енергоносіями й енергетичними технологіями, детермінує по суті ієрархічно субординовану диспозицію країн на світовій енергетичній карті відповідно до розвіданих обсягів наявних у них енергоресурсів, що визначає характер їх конкурентної боротьби за право визначати ключові кон'юнктурні і цінові параметри глобального енергетичного ринку.

Давно відомо, що у функціонуванні світового енергетичного сектору серед інструментів циклічної етапності енергетичних трансформацій найефективнішими є конкуренція та механізм формування *ресурсно-природної* (у нашому випадку *енергетичної*) *ренти*. Як наголошував у свій час К. Маркс: «Усюди, де природні сили можуть бути монополізовані і забезпечують промисловцю, що їх застосовує, додатковий прибуток ... особа, котра визнається в силу свого титулу (...) власником предметів природи, уловлює у функціонуючого капіталу ... додатковий прибуток у формі ренти» [112]. Таким чином, відбиваючи за своєю природою, з одного боку, дохід держави від використання відносно обмеженого енергетичного фактору, а з другого – різницю між вартістю сировини і повними витратами на її добування з урахуванням нормальної для даного виду діяльності норми прибутку на вкладений капітал, енергетична рента є додатковим прибутком. Він виникає завдяки функціонуючому капіталу, який на основі використання продуктивних сил природи генерує додатковий прибуток і виплачується власникам ресурсів в якості орендної плати. Виходячи з цього, можемо стверджувати, що енергетична рента лежить в основі механізму формування цін на енергоносії як постійно діючих методичних положень їх встановлення на основі принципів наукової обґрунтованості цін, їх цільової спрямованості, безперервності процесу ціноутворення та його тісного взаємозв'язку з процесом контролю за додержанням цін.

Таким чином, в умовах енергетичних трансформацій Енергетика 1.0 і Енергетика 2.0 домінуючу роль у процесах ціноутворення на нафту відігравала диференційована рента Рікардо [156, с. 66-67]. Ретранслюючи її методологічні засновки на світовий енергетичний сектор, зазначимо таке: даний вид ренти

сплачувався економічними суб'єктами за користування природними надрами, обмеженими за своїми кількісними параметрами й відмінними за умовами видобування енергосировини. Тож головним рентоформуючим фактором є витрачена на нафтовидобуток праця, пов'язана з його технологічними умовами, що визначаються глибиною залягання нафтових родовищ, обсягами їх розвіданих запасів, географічною віддаленістю від регіональних ринків збуту та виробничих майданчиків та ін. Це означає, що за умов невідпинно зростаючих світових потреб в енергоносіях у нафтовидобуток у всезростаючих масштабах починають залучатись нові локальні точки зі значно гіршими, а відтак – більш працевитратними умовами видобутку, що напряду впливає на цінову динаміку нафтових поставок на ринок. Йдеться, зокрема, про нетрадиційний нафтовидобуток у сланцях на основі горизонтального буріння, застосування технологій гідравлічного розриву пластів тощо.

Саме домінування диференційованої ренти Рікардо у процесах ціноутворення на нафту на етапі енергетичних трансформацій Енергетика 1.0 і Енергетика 2.0 відіграло ключову роль, з одного боку, у встановленні механізму ціноутворення за формулою «витрати плюс» (*англ. – cost plus*), а з другого – в еволюційному розвитку форматів конкурентної боротьби на світовому енергетичному ринку – від вільної конкуренції до монополії з наступним переходом до олігополістичної організації конкурентних відносин [92]. Відтак – закономірним результатом панування диференційованої ренти Рікардо у періоди енергетичних трансформацій Енергетика 1.0 і Енергетика 2.0 стало встановлення відносно низьких цінових котирувань на нафтову сировину (на медіанному рівні у 10 дол. США за барель [197, с. 31]), що мультиплікувало неухильне нарощування світового попиту на даний вид енергетичного ресурсу та сформувало у світовій економіці самопідтримувальний механізм посилення її вуглеводневої залежності й переходу у фазу посиленого антропогенного навантаження на довкілля.

Натомість період енергетичної трансформації Енергії 3.0 характеризується долученням до процесів ціноутворення на енергетичну сировину (окрім диференційованої ренти Рікардо) ренти Хотеллінга і спекулятивної ренти

контрактних учасників енергетичних деривативів. Що стосується ренти Хотеллінга, то вона, як відомо, стягується у формі податкових відрахувань, здійснюваних бізнес-структурами до державних бюджетів країн-добувачів енергосировини і виробників енергетичних товарів за користування надрами. Як бачимо, подібного роду рента репрезентує за своєю природою своєрідний фонд нагромадження капіталу з метою покриття сукупних витрат прийдешніх поколінь за отримання енергетичних ресурсів способом перерозподілу нафтових доходів на користь нарощування обсягів державних соціальних витрат [84, с. 137-139].

Підтвердженням даної тези є потужний вплив рентних нафтових доходів на формування нормально високої плати суб'єктів господарювання за користування природними надрами, що стало потужним драйвером стрімкого зростання капіталізації фондів суверенного багатства (*англ. – Sovereign wealth funds*) цілої низки держав-експортерів енергетичної сировини. Загальновідомо, що дані інституції, перебуваючи у державній власності і включаючи широкий спектр фінансових активів (акцій, облігацій, об'єктів нерухомості, дорогоцінних металів тощо), фінансуються виключно за рахунок нагромаджених валютних резервів [123]. Достатньо сказати, що з грудня 2010 р. до червня 2018 р. глобальна вартість активів, що перебуває в управлінні фондів суверенного багатства, зросла у понад півтора рази – з 4,9 до 7,8 трлн дол. США [6]. Зокрема, станом на лютий 2021 р. загальна вартість активів в управлінні Топ-10 фондів суверенного багатства становила майже 6 трлн дол. США, у тому числі Norway Government Fund Global – біля 1,3 трлн, China Investment Corporation – понад 1 трлн, Abu Dhabi Investment Authority – 580 млрд, Hong Kong Monetary Authority Investment Portfolio – 576 млрд, Kuwait Investment Authority – 534 млрд (рис. 1.8). Їх активи зберігаються у державних органах монетарного регулювання і центральних банках та виконують важливі економічні і фіскальні функції в якості інструменту забезпечення державних зобов'язань, своєрідної «амортизаційної фінансової подушки» пом'якшення негативних наслідків циклічних коливань макроекономічної динаміки, механізму модернізації структури економіки та нагромадження

фінансового капіталу для прийдешніх поколінь, важелю управління державними фінансовими активами й офіційними золотовалютними резервами [245, с. 111].

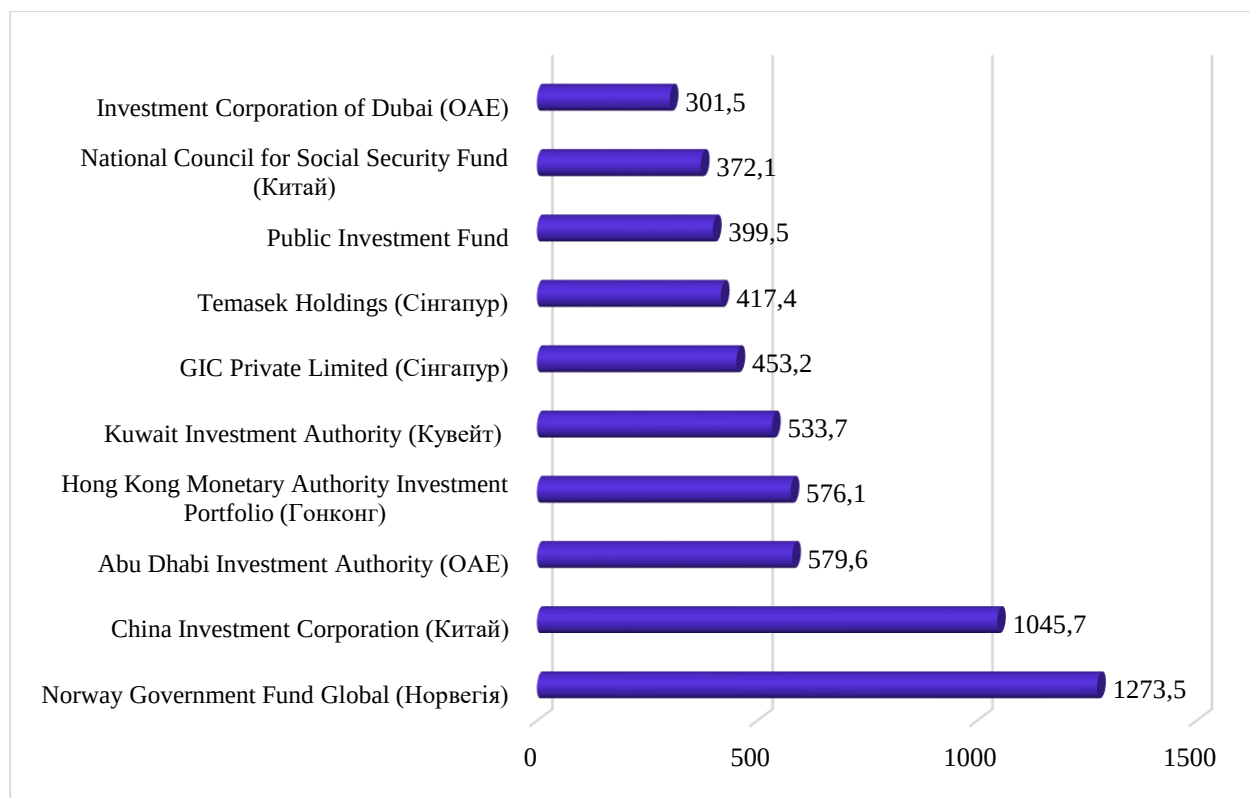


Рис. 1.8. Вартість активів в управлінні Топ-10 фондів суверенного багатства станом на лютий 2021 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними: [101]

Своєю чергою, спекулятивна рента контрактних учасників енергетичних деривативів присвоюється спекулянтами, яким від хеджерів передаються усі можливі цінові збитки у зв'язку з несприятливою біржовою динамікою цін на енергетичні товари. Завдяки цьому й забезпечується власне формування ринкової цінової кон'юнктури на енергосировину й енерготовари, що лежить в основі ефективної арбітражної діяльності на ринку, а через неї – максимальне наближення поточних цін на них до їх реальної вартості [55, с. 2]. З огляду на визначальний вплив біржових цін на обсяги виробництва, зберігання та споживання енергоресурсів, можемо стверджувати, що ринки енергетичних деривативів є вагомим інституційним механізмом ефективного ресурсного розподілу в економіці.

І, нарешті у період панування енергетичної трансформації Енергетика 4.0 у формуванні цін на енергоносії до диференційованої ренти Рікадро і ренти Хотеллінга додається також *технологічна рента*. Остання пов'язана з вартістю технологій, необхідних для вирішення ключових технологічних проблем щодо пошуку шляхів збереження і накопичення максимальної кількості електроенергії, її передачі на відстані, а також виробництва енергії задля не стільки кінцевого споживання, скільки для виробництва нової, більш потужної за технічними параметрами енергії.

Інакше кажучи, головним фактором формування технологічної ренти є зниження трансакційних витрат економічних суб'єктів у царині добування енергетичних ресурсів, досягнуте на основі прикладення ними відповідних підприємницьких зусиль та здійснення інвестиційних капіталовкладень у розроблення нових інноваційних технологій не тільки у сфері централізованих і транскордонних постачань енергетичної сировини і товарів індустріального типу, але й децентралізованих поставок електроенергії на базі відновлювальних джерел. На підтвердження даної тези наведемо такі дані: глобальні щорічні витрати на ДіР тільки у сфері відновлювальної енергетики зросли з 20,6 млрд дол. США у 2017 р. до 22,5 млрд у 2019 р. [182]. Загалом же, з 2010 р. до 2019 р. щорічні обсяги витрат корпоративного сектору на дослідження і розробки енергетичного профіля зросли з 64,1 до 90,1 млрд дол. США. З цієї колосальної суми на кінець періоду на ДіР автомобільного сектору припадало 37 млрд, електрогенерації й електромереж – 14,4 млрд, ядерної енергетики – 1,2 млрд, нафтогазової промисловості – 18,9 млрд, відновлювальної енергетики – 6,3 млрд, термальної енергетики і виробництва опалювального обладнання – 6,9 млрд, інших видів енергетики – 5,4 млрд відповідно) [76].

Відтак – розподіл технологічної ренти між державами-власниками природних надр й інвесторами-надрокористувачами має суттєво відрізнятись від розподілу цінової ренти. Йдеться про те, що її лєвова частка має залишатись у розпорядженні останніх, з огляду на значно вищий, порівняно з невідновлюваними енергетичними ресурсами, рівень технологічності добування відновлювальних джерел енергії, а

відтак – суттєво більші витрати інвесторів на здійснення інноваційних розробок у даній сфері. Це актуалізує питання щодо розширення доступу останніх до дешевого фінансування й інноваційних технологічних розробок у сфері енергетики з метою зміцнення своїх конкурентних позицій на нових транспарентних сегментах глобального енергетичного ринку.

Завершуючи, наголосимо, що структура світового енергетичного сектору, як його внутрішня організація та спосіб взаємозв'язку між його компонентами і підсистемами, у процесі багатовікового еволюційного поступу зазнавала перманентних кількісно-якісних змін, модифікацій та трансформацій, обумовлених дією цілої низки мегатрендів. Під їхнім впливом світовий енергосектор досягнув на сьогодні зрілої індустріальної моделі розвитку з домінуванням у глобальному енергобалансі невідновлювальних енергетичних ресурсів та переважаючим їх комерційним транскордонним рухом на централізованій основі.

Між тим, незважаючи на панування чітко виражених індустріальних підходів у світовому суспільному відтворенні енергетичних ресурсів, вже сьогодні дедалі більшою мірою викристалізовується тенденція щодо глобальної структуризації їх ринків. Вона набуває свого концентрованого втілення у: по-перше, системній транснаціоналізації доволі асиметричних за масштабами й регіонально фрагментованих ринків нафти, вугілля і ядерного палива; по-друге – поступовому формуванню глобального ринку газу з ув'язуванням воєдино регіональних газових ринків мережевого типу каналами міжнародної торгівлі зрідженим природним газом; по-третє, динамічному переході енергоринків від пануючої до недавнього часу їх односегментної моделі (ядром якої є ринок фізичної енергії) до двосегментної моделі, що базуються на глибокій конвергенції фізичної і «паперової» енергії. Під їх впливом у першій чверті XXI ст. у світовому господарстві вже сформувались об'єктивні передумови для енергетичної трансформації у рамках моделі Енергетика 4.0. Вона базується на відновлювальній енергетиці, технологіях накопичення енергії, електрифікації транспорту, інтернету речей та ін., а відтак – є головною рушійною силою витіснення традиційної

енергетики технологіями відновлювальної енергетики та системний перехід світового господарства на якісно вищий щабель енергетичного розвитку.

1.3. Теоретико-методологічний дизайн сталої енергетичної моделі глобальної економіки

У першій чверті XXI ст. усі ми є свідками переходу світової енергетики до якісно нового етапу якісних змін у форматі енергетичної трансформації Енергетика 4.0, що базується на сталій енергетичній моделі глобальної економіки. Дані зміни пов'язані насамперед з динамічною інноватизацією світового енергетичного сектору, системним розвитком розподіленого виробництва енергії та інтенсифікацією процесів енергозбереження на усіх рівнях глобального суспільного відтворення. Не можемо не відзначити і значного загострення міжпаливної конкуренції, активізації використання відновлюваних джерел енергії та витіснення ними традиційних енергоресурсів, зменшення вартості відновлюваних технологій, розбудову децентралізованої енергетики, а також значне загострення конкуренції між традиційними і нетрадиційними джерелами вуглеводнів. Як справедливо наголошують з цього приводу Н. Панвар, С. Каушик і С. Котарі, парадигма сталого розвитку в її енергетичному вимірі органічно поєднується з концепцією зеленої економіки [125], тож залучення тих чи інших енергетичних ресурсів у процес суспільного відтворення завжди повинно оцінюватись не тільки з отримуваним економічним ефектом, але й рівнем екологічної шкоди від їх видобутку, перероблення, експлуатації й утилізації відходів. При цьому не можна випускати з уваги ще одну важливу обставину: дані фундаментальні процеси співпали у просторі і часі з динамічним зростанням кількості світового населення та активізацією процесів глобальної урбанізації. Як результат – наростаюче усвідомлення світовою спільнотою загрозливих наслідків зміни клімату та прагнення багатьох країн світу до забезпечення національної енергетичної безпеки, що стало потужним драйвером обмеження ролі викопних видів палива у глобальній виробничій системі.

Динамічна розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі базується на цілій низці драйверів. У науковій літературі вони кваліфікуються дуже влучною назвою 3D: декарбонізація (*англ. – decarbonization*), децентралізація (*англ. – decentralization*) і діджиталізація (*англ. – digitization*) [33; 162; 176]. До них ми додаємо ще одну групу драйверів, яку кваліфікуємо як 2E – енергоефективність (*англ. – energy efficiency*) й енергоощадність (*англ. – energy conservation*) (додаток Б). Зауважимо, що усі зазначені процеси у сучасній енергетичній трансформації значною мірою доповнюють й мультиплікують дію один одного, а їх синергетичний вплив виявляється у докорінному перерозподілі конкурентної диспозиції на глобальному енергетичному ринку його основних акторів, появі на ньому нових гравців, новій регіональній структуризації ринку та фундаментальній зміні правил функціонування його традиційних учасників.

Що стосується *декарбонізації енергетики*, то вона являє собою поступову відмову економічних суб'єктів від традиційних викопних джерел енергії (нафти, природного газу, кам'яного вугілля, торфу та ін.) та перехід до використання відновлювальної енергетики, здатної суттєво зменшити вуглемісткість економіки. На думку А. Херзог, Т. Ліпмана і Д. Каммена, відновлювальна енергетика не тільки репрезентує на сьогодні якісно новий структурний сегмент світового енергетичного сектору, але й є матеріальним ядром формування нової енергетичної цивілізації, в якій економічні суб'єкти усвідомлюють необхідність відмови від традиційних енергетичних джерел [82].

Не випадково, вже доволі багато країн світу в останні роки активно нарощують частку відновлювальних енергетичних ресурсів у виробництві електроенергії. Зокрема, у Парагваї 99% електроенергії виробляється за рахунок гідроенергетики, у Норвегії даний показник становить 97%, у Коста-Ріці – 93% [97]; а Китай і Сполучені Штати Америки володіють на сьогодні найбільшими потужностями вітрового й фотоелектричного генерування [144].

Загалом же, як показують дані, наведені у табл. 1.2, тільки у період 1990-2019рр. світовий показник вуглемісткості ВВП знизився з 0,77 до 0,3 кг CO₂ / дол. США, у тому числі Великобританії – з 0,33 до 0,12; США – з 0,50 до 0,25; Канади – з 0,51 до 0,32; а Китаю – з 1,49 до 0,51 відповідно [235, с. 30].

Таблиця 1.2

Вуглемісткість ВВП за окремими країнами у 1990-2019 рр. (CO₂ / ВВП (за паритетом купівельної спроможності)), кг CO₂ / дол. США ВВП

Країна / регіон	1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2019
Франція	...	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,10
Велико-британія	0,33	0,24	0,24	0,22	0,22	0,21	0,21	0,19	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,12
ЄС	...	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,22	0,20	0,20	0,20	0,18	0,18	0,18	0,18
Німеччина	0,35	0,26	0,26	0,24	0,24	0,23	0,24	0,22	0,22	0,23	0,21	0,21	0,21	0,16
Японія	0,29	0,26	0,25	0,26	0,24	0,25	0,25	0,26	0,27	0,27	0,26	0,24	0,24	0,22
Індія	0,38	0,30	0,29	0,29	0,30	0,31	0,30	0,29	0,30	0,29	0,30	0,28	0,26	0,28
США	0,50	0,40	0,38	0,38	0,37	0,35	0,36	0,34	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,25
Канада	0,51	0,42	0,40	0,42	0,40	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,32
Китай	1,49	0,74	0,72	0,69	0,65	0,63	0,62	0,63	0,60	0,58	0,54	0,50	0,47	0,51
Україна	0,96	0,87	0,83	0,79	0,74	0,74	0,76	0,75	0,74	0,71	0,67	0,60	0,62	0,36
Світ в цілому	0,77	0,36	0,36	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,30	0,30

Джерело: побудовано авторкою за даними: [235, с. 30; 29; 28]

Фундаментальність, системність і незворотний характер впливу декарбонізації на функціонування світового енергетичного сектору вже дали підстави Е. Біберу, Н. Келсейт та Д. Меклінгу говорити про так звану політичну економію декарбонізації [14]. Вона розглядається з позицій необхідності реалізації державами узгодженої на наднаціональному рівні енергетичної політики з метою переведення глобальної економіки на поствуглецеві «рейки» розвитку. Це вимагає, на думку учених, впровадження зважених підходів щодо стримування вуглецевих викидів у контексті співвідношення між чисто адміністративними (екологічне законодавство, прямі заборони, технічні обмеження, мандати тощо) і ринковими механізмами (екологічне оподаткування викопної енергетики, субсидії на відновлювальні джерела енергії, тарифне регулювання та ін.) [14, с. 608-609; 54; 173].

Своєю чергою, К. Фішер та Р. Невелл [54] оцінюють відносну ефективність національних екологічних політик відповідно до застосовуваних стосовно економічних суб'єктів стимулюючих механізмів й інструментів низьковуглецевої господарської діяльності. При цьому наголошується на пріоритеті у реалізації політики декарбонізації енергетичного сектору науково-технічного й інноваційного інструментарію, зокрема, навчання, досліджень і розробок, дифузії

екологічних знань і технологій, здатних забезпечити максимальну конвергенцію національних екологічних політик та скорочення викидів вуглецю за значно нижчою вартістю, аніж це спроможна забезпечити будь-яка окрема політика.

Важливим, у контексті розуміння економічної природи декарбонізації енергетики, є застосування техніко-технологічних критеріїв до класифікаційної ідентифікації видів відновлювальної енергетики. Так, найбільш поширені у зарубіжній науці підходи [94; 186] виокремлюють три групи відновлювальної енергетики: енергетика, спрямована на регулювання обсягів виробництва енергії; енергетика, зорієнтована на скидання невикористаної енергії; а також енергетика, що передбачає накопичення енергії. Наголосимо, що саме техніко-технологічні можливості накопичення відновлювальної енергії з подальшим її транспортуванням і залученням у господарський оборот здатні перетворити її на повноцінний енергетичний ресурс на кшталт пануючих на сьогодні традиційних вугільних, нафтових чи газових родовищ. Водночас безперервний розвиток технологій відновлювальної енергетики є головним драйвером диверсифікації її продуктово-видової структури із впровадженням принципово нових видів енергозабезпечення промислового сектору і домогосподарств.

В останнє десятиліття завдяки спільному використанню відновлювальних джерел енергії та її накопичувачів активно розробляються нові види екологічно чистих енергетичних ресурсів; відбувається масштабне об'єднання інфраструктури великих вітрових і сонячних парків з невеликими за розміром енергоустановками, а також систем зберігання енергії й електромобільних інфраструктурних об'єктів. Водночас динамічне поширення в останні роки невеликих за розміром вітроенергетичних установок і накопичувачів вітрової енергії потребує не тільки масштабних ДіР у сфері розподіленої енергетики, але й відповідного впровадження інноваційних технологій у царині побудови й управління інтелектуальними розподільчими електричними мережами Smart Grids, базованих на диверсифікованих оперативних й енергоощадних механізмах (на кшталт розумних лічильників, інструментів електронного управління електроенергетичними параметрами та ін.).

Незважаючи на усі економічні, технологічні і суспільні переваги, що їх отримує світове господарство від декарбонізації енергетичного сектору, вона породжує кілька загрозливих викликів. Вони пов'язані, по-перше, з недооцінкою високого рівня взаємозалежності між вторинними енергоносіями та кінцевим енергетичним споживанням; по-друге, з високою складністю зменшення частки викопного палива у секторах кінцевого енергоспоживання [128; 20]; по-третє, із забезпеченням секторів, які важко піддаються декарбонізації (насамперед промисловості та транспорту), ефективними електрогенеруючими технологіями високого рівня інноваційності та доступного рівня цін [50; 69].

Не слід скидати з рахунків, як наголошують Е. Пападіс і Г. Цатсароніс, і стрімкого наближення застосовуваних на сьогодні декарбонізованих енергетичних технологій (насамперед електростанцій з комбінованим циклом) до так званої термодинамічної межі [126, с. 5]. Вона робить неможливим подальше підвищення енергоефективності теплових електростанцій без здійснення значних капітальних витрат, зводячи нанівець економічну ефективність їх діяльності, порівняно з вугільними і газовими електростанціями. Відтак, подальше нарощування частки відновлювальних джерел у світовому енергоспоживанні об'єктивно вимагає забезпечення високої технологічної гнучкості теплових електростанцій, що може спричиняти значні проблеми у забезпеченні безпеки діючих енергосистем насамперед в частині уловлювання та зберігання вуглецю (*англ. – Carbon Capture and Storage – CCS*). Саме цим обумовлюється у край низький рівень використання установок CCS у виробництві електроенергії: зокрема, з 32 подібного роду установок у світі у галузі електроенергетики працюють нині лише 3 [141].

Цілком закономірно, що високі темпи декарбонізації світового енергетичного сектору (насамперед нафтогазового і вугільного комплексів) мають своїм закономірним наслідком значне підвищення рівня його *децентралізації*. Вона виявляється у наближенні виробничих енергогенеруючих потужностей якомога ближче до локальних точок споживання енергії. Йдеться про те, що якщо традиційна енергетика базується переважно на великих центральних електростанціях та передачі електроенергії на основі довгих ліній та її розподілу

серед споживачів за регіональним принципом, то децентралізовані енергетичні системи, навпаки, зорієнтовані на максимальну локалізацію енергетичних джерел якомога ближче до споживачів кінцевої енергії. У такий спосіб забезпечується не тільки суттєве зниження трансакційних витрат на передачу і розподіл енергії, але й ефективно оптимізується використання відновлювальної енергії, зменшується використання викопних видів палива та значно підвищується екологічна ефективність функціонування світового енергетичного сектору [176, с. 8].

Децентралізація світового енергетичного сектору є ключовим драйвером активізації мікрогенерації електроенергії на локальному рівні, яка демонструє значно вищий рівень економічної ефективності порівняно з технологічною підтримкою великих електростанцій з суттєво більшими енергетичними втратами в електромережах. Вже сьогодні техніко-технологічні можливості сонячної фотоелектрики відкривають споживачам практично необмежені можливості власної генерації та продажу електроенергії у безпечному автоматичному режимі за допомогою смарт-контактів, удосконалення акумуляторних способів нагромадження відновлювальної енергії, а також значного зменшення мережових втрат енергії та скорочення трансакційних витрат на її передавання. Завдяки цьому децентралізовані енергетичні мережі демонструють значно вищий, порівняно з традиційною енергетикою, рівень надійності та забезпечують енергетичну незалежність своїх споживачів за одночасного їх глибокого включення у процеси енергообміну на регіональному і локальному рівнях [110, с. 1].

З огляду на те, що ядром децентралізації світового енергетичного сектору є максимальне наближення виробничих енергогенеруючих потужностей до локальних точок споживання енергії, центральним є питання щодо впровадження якісно нових, інноваційних підходів й інструментів до управління різнорівневими енергетичними системами. Як наголошує з цього приводу М.-К. Брісбуа [19], у міру розвитку енергетичних технологій і дедалі більшого заміщення традиційних енергетичних джерел відновлюваними відбувається перехід управлінських енергетичних систем від переважно централізованих до децентралізованих і багаторівневих моделей. Останні, не будучи жодним чином обмеженими у своїй

діяльності жорстко детермінованими операційними процесами, об'єктивно вимагають імплементації якісно нових форм соціальної відповідальності енергетичного сектору у відповідності до найбільш затребуваних з боку суспільства потреб й очікувань. Крім того, децентралізований характер функціонування сталої енергетичної моделі глобальної економіки актуалізує питання щодо масштабування багатьох функцій управління з акцентуванням основної уваги на питаннях щодо підвищення рівня інклюзивності, технологічної спроможності, узгодженості й адаптивності світової енергосистеми [19].

Попри те, що децентралізація енергетичного сектору, на думку М. Акореде, Х.Хізама, Е. Поуресмаїла, Дж. Кейрстеад, Л. Роса, Дж. Ловітзш, О. Їлдіз та А.Хашані [4; 95; 159], відкриває економічним суб'єктам цілу низку технічних, екологічних та соціальних конкурентних переваг, одночасно вона актуалізує проблему щодо управління даним процесом. Йдеться про те, що у міру зростання в енергогенеруючій структурі частки децентралізованих активів з виробництва електроенергії дедалі більша кількість економічних суб'єктів долучається до функціонування енергетичних систем. Це суттєво ускладнює систему управління процесами генерації, збереження, нагромадження та розподілу електроенергії з боку управлінських структур, відповідальних за її поставки суспільству доступними каналами, належної якості і за доступними цінами. Відтак – у число пріоритетних висувуються питання щодо забезпечення управлінської підзвітності енергосистем [15; 108], механізми якої еволюціонували у відповідності з розвитком централізованих моделей енергогенерації [79; 99]. При цьому, незважаючи на доволі широку варіативність діючих моделей структуризації децентралізованих систем управління енергосектором, усі без виключення ітерації в обов'язковому порядку мають передбачати масштабування управлінської діяльності [155; 109] у відповідності до значно розширеної суб'єктної структури енергогенерації.

Характеризуючи теоретико-методологічний формат сталої енергетичної моделі глобальної економіки, не можемо оминути увагою й *системні процеси діджиталізації світового енергетичного сектору*. Як свідчить світовий досвід, вони пов'язані з широким впровадженням цифрових рішень на рівні усіх

структурних ланок сформованих в енергосекторі технологічних ланцюгів. Відтак – його діджиталізація дає змогу, з одного боку, забезпечити гнучке управління надскладними, багатосуб'єктними і транзитивними енергетичними системами, а з другого – суттєво розширити спектр пропонованих світовим споживачам сервісних послуг з підтримання високої надійності їх функціонування за допомогою цифрових технологій. Зазначимо, що процеси діджиталізації світового енергетичного сектору будуть детально проаналізовані нами у розділі 2.1 дисертаційної роботи. Тут відзначимо лише таке: широке впровадження цифрових рішень у функціонування енергетики обумовлено синергетичною дією чотирьох *груп ключових імперативів*:

- по-перше, значним загостренням міжнародної конкурентної боротьби між виробниками енергетичних товарів з числа підтримуваних національними урядами енергокомпаній. Це мотивує їх до реалізації клієнт-орієнтованих стратегій і бізнес-моделей на основі впровадження у виробничий процес якісно нових організаційно-економічних, фінансових й управлінських технологій, здатних забезпечити максимальний вибір споживачами регіональних енергоринків і постачальників енергетичних товарів;

- по-друге, докорінною зміною парадигми світового енергоспоживання у бік поглиблення прямої взаємодії виробників і споживачів енергоресурсів в економічних, політичних і соціальних структурах на основі масштабування систем інтелектуального обліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні, а також формування загальносвітового енергосервісного простору;

- по-третє, посиленням ролі у функціонуванні світового енергетичного сектору кліматичного порядку денного з його орієнтацією на розвиток низьковуглецевої економіки та зменшення залежності споживачів від постачань викопної паливної сировини;

- по-четверте, суттєвим поглибленням міждержавної взаємодії в енергетичній сфері та посиленням регулювання світового енергетичного сектору з метою усунення загроз хаотичної і нецивілізованої конкуренції та максимально повного

врахування загроз енергетичній безпеці. Це є потужним драйвером розбудови координуючих центрів регіональної і глобальної енергетичної політики;

- по-п'яте, глибокою трансформацією інституційних рамок й архітектур енергосистем та зміщенням регіональних драйверів глобального економічного розвитку у країни азійського мегарегіону.

Наголосимо, що зазначені імперативи спричиняють кардинальну зміну підходів до енергозабезпечення світових споживачів на основі підвищення його стійкості і надійності, нарощування пропускної спроможності електромереж та автоматизації контролю споживання електроенергії в рамках мережевої енергетичної інфраструктури. Тож цілком закономірним є той факт, що динамічне масштабування системних цифрових рішень у глобальному енергетичному секторі лежить в основі значної диверсифікації джерел його розвитку та відкриття підприємницькому і бізнесовому секторам широких можливостей генерування прибутків.

Однак тепер, як можемо спостерігати, незважаючи на колосальні конкурентні переваги, отримувані світовим енергетичним сектором від його системної діджиталізації, остання несе також цілу низку викликів і ризиків. Йдеться насамперед про можливості виникнення кіберзагроз, пов'язаних з динамічним розвитком і масовим впровадженням інтелектуальних технологій, підключенням до Інтернету нових промислових і споживчих пристроїв (котрі раніше працювали в режимі офлайн), віддаленим зломом енергетичних систем, звуженням можливостей зниження пікових навантажень на енергетичні мережі, розподільчими блекаутами та ін. Окремої уваги заслуговують і такі загрози діджиталізації енергетичного сектору, як-от: ускладнення режимів функціонування національних і регіональних енергосистем, зниження ефективності управління ними; поява не здатних до інтеграції енергетичних технологій та значне ускладнення моделей прогнозування енергоспоживання; суттєве зростання розміру питомих постійних витрат на кіловат-годину електроенергії за усіма ланками вартісного ланцюга її централізованої генерації і мережевої передачі. І це без урахування докорінних змін у структурі світового ринку праці в енергетичному

секторі, пов'язаних з вивільненням величезної армії спеціалістів традиційної для енергосектору спеціалізацією та небаченим зростанням попиту на високопрофесійних спеціалістів новітніх спеціалізаційних профілів.

У результаті можна спрогнозувати, що вже у недалекому майбутньому під впливом системної діджиталізації світового енергетичного сектору докорінних змін зазнає не тільки його ландшафт, але й корпоративні стратегії і бізнес-моделі компаній усіх галузей і секторів глобальної економіки. Саме в цьому і полягає фундаментальна відмінність звичайної діджиталізації існуючих в енергосекторі технологічних і бізнес-процесів від системної діджитал-трансформації енергетичного сектору, що охоплює не тільки диверсифіковані цифрові рішення, але й максимізує їх економічні переваги як на рівні окремих енергооб'єктів, так і глибоко інтегрованих на горизонтальному і вертикальному рівнях енергосистем.

Таким чином, якщо перша і друга промислові революції (в рамках енергетичних трансформацій Енергетика 1.0, Енергетика 2.0 і Енергетика 3.0) спричинили становлення у світовому енергетичному комплексі вертикальної моделі організації управління з відповідними їй централізованим виробництвом і розподілом енергії паливних ресурсів, то третя промислова революція (в рамках енергетичної трансформації Енергетика 4.0,) спирається на децентралізовані джерела відновлювальної енергетики. Відтак – її закономірним результатом в частині управління енергетичним комплексом стає його мережева структуризація, яка передбачає заміну вертикальної управлінської моделі горизонтальною [240, с. 93]. Виходячи з цього, можемо стверджувати, що третя промислова революція пріоритезує питання щодо глибокої конвергенції світового енергетичного сектору з ІТ-технологіями на основі механізмів функціонування так званого «енергетичного Інтернету». Відтак – актуального значення набуває динамізація розбудови у глобальних координатах якісно нової інфраструктурної мережі, здатної забезпечити ефективне функціонування світової енергетики на основі інтернет-технологій.

Разом з тим, незважаючи на вищою мірою перспективність та історичну незавершеність формування у першій чверті XXI ст. інституційно-технологічного

й організаційно-економічного «каркасу» третьої промислової революції, з другої половини 2010-х років активно обговорюваними у західному і вітчизняному теоретичному дискурсі стають процеси формування *четвертої промислової революції*. Її відмітною рисою є «розмивання» чітких меж між цифровими, фізичними й біологічними сферами [164], що має своїм закономірним наслідком глибоку інтеграцію породжених першою і другою промисловими революціями технологій, формування якісно нових операційних моделей виробництва нанотехнологічного типу, системне опанування джерелами відновлювальної енергетики, створення безпілотних транспортних засобів, розвиток робототехніки, синтетичної біології та біоінженерії, інтегрування генетичного редагування з 3d-друком живих тканин та ін. Йдеться про те, що базовані на апаратному, програмному і мережевому забезпеченні діджитал-технології, постійно удосконалюються й об'єднуються у своєрідні синергетичні цілісності, стаючи потужними рушіями глибоких економічних, соціальних й інституційних трансформацій світового господарства [240, с. 94].

За таких умов держави в останнє століття намагаються у будь-який спосіб забезпечити себе надійними поставками енергетичних ресурсів як каналами встановлення контролю над традиційними їх джерелами (у тому числі з використанням диверсифікованого інструментарію політичного й економічного тиску), так і способом масового впровадження інноваційних технологій в освоєння і переробку традиційних вуглеводневих ресурсів, а також системного переведення національного промислового виробництва на використання відновлювальних енергоресурсів [170, 32]. Не можемо оминути увагою й активних дій у даному напрямі багатонаціональних підприємств, котрі на основі монополізації ключових сегментів глобального ринку та встановлення тотального контролю за процесами розробки і комерціалізації передових технологій у царині промислового освоєння паливних ресурсів й використання їх відновлювальних джерел ведуть на сьогодні жорстокий бій за майбутнє людської цивілізації [32].

Як уже зазначалось вище, розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі є неможливою без впровадження у господарську практику

механізмів енергоефективності й енергоощадності. Тут слід відзначити, що у міру зростання світових цін на енергоносії проблема зниження енерговитрат набуває особливої актуальності як на рівні окремих національних економік, так і глобальної економічної системи в цілому. При цьому максимальне збереження енергетичних ресурсів за своїм економічним ефектом є рівносильним їх виробництву, а нерідко являє собою навіть більш рентабельний й екологічно відповідальний інструмент задоволення неухильно зростаючого світового попиту на енергосировину й енерготовари. Більше того, реалізація заходів у царині підвищення енергоефективності й енергоощадності забезпечує зниження енергомісткості глобального економічного розвитку, зміцнюючи тим самим енергетичну безпеку, послаблюючи навантаження на енергетичну інфраструктуру і навколишнє середовище.

Не заперечуючи ключового методологічного засновку щодо первинності боротьби зі змінами клімату, забруднення довкілля і зростання цін на енергоносії у підвищенні наукового інтересу до проблематики впровадження енергоефективних й енергоощадних технологій, слід відзначити також активне розроблення в останні роки якісно нової парадигми енергетичної безпеки XXI ст. На нашу думку, вона є яскравим проявом і підтвердженням об'єктивності всезагальної теорії нерівномірності соціально-економічного розвитку країн і регіонів. Йдеться про те, що найвищого рівня розвитку енергоефективних й енергоощадних технологій здобули саме держави-лідери глобальної економіки, а відтак, з погляду методологічних засновків парадигми енергетичної безпеки XXI ст., – вони повинні вживати рішучих заходів щодо примушення відсталих у цьому плані країн переводити свої господарські комплекси на відповідні технології. При цьому мають застосовуватись як інструменти «м'якого» тиску на кшталт впровадження технологічних й екологічних стандартів, формування громадської думки, реалізації екологічних програм і проєктів міжнародних організацій, так і відверто «жорсткий» інструментарій – аж до торговельних війн, економічних санкцій і військових конфліктів [238, с. 137].

Це вже дало підстави цілій низці західних учених (Т. Герардену, Р. Невеллу, К. Гіллінгхаму, К. Палмеру, К. Шутзенхоферу, С. Соррелю, А. Маллетту, Н.Шерідану, А. Тріанні, Е. Кагно, С. Фарне та ін.) [64; 66; 163; 171; 184] стверджувати про існування на сьогодні чітко вираженого розриву енергоефективності (*англ. – energy-efficiency gap*) як на рівні країн і регіонів, так і компаній. Дана категорія, що здобула свою наукову «прописку» у 1994 р. у праці американських економістів А. Джаффе і Р. Ставінса «Розрив енергоефективності. Що він означає?» [91], кваліфікується як нездатність економічних суб'єктів в силу браку техніко-технологічних можливостей та обмежувального впливу соціальних й інституційних бар'єрів забезпечувати підвищення енергоефективності господарських операцій, у тому числі і на основі застосування альтернативних енергоджерел.

З цього випливає, на думку учених, розрив в енергоефективності між фактичними і оптимальними показниками споживання енергії, що вимагає чіткого визначення оптимального рівня енергоефективності [91]. Зокрема, за оцінками Х.Гранаде, Г. Крейца, Дж. Деркача, А. Фаресе, П. Найквіста та К. Островскі, реалізація енергоефективних заходів у Сполучених Штатах Америки забезпечує економіці цієї держави величезну енергоощадність. Вона оцінюється на рівні 1,2 трлн дол. США щорічно, або 23% загального обсягу кінцевого енергоспоживання, що забезпечує зменшення викидів парникових газів на 1,1 гігатон у рік [80, с. iii].

Доцільно зауважити, що у західній науковій літературі вже не одне десятиліття активно досліджуються причини розриву енергоефективності, які кваліфікуються як її бар'єри. Так, ще у середині 1970-х років дослідницький інтерес зарубіжних учених акцентується на питаннях щодо впливу вартісних (чи ринкових) бар'єрів на процеси поширення в економіці енергоефективних технологій [243, с. 277]. Подібного роду категоріальний апарат згодом дуже активно почав використовуватись при підготовці міжнародних аналітичних звітів й оглядів. Однак, вже на початку 1990-х років розробляються більш досконалі методичні й методологічні підходи до критеріальної ідентифікації бар'єрів впровадження енергоефективних заходів, які чітко відокремлюють власне ринкові бар'єри і

ринкові провали, що лежать в основі порушення базових принципів ефективного розподілу ресурсів в економічній системі суспільства. З-поміж останніх на найбільшу увагу, на думку К. Блюмштайна, Б. Кріга, Л. Шніппера і К. Йорка [16], заслуговують:

по-перше, неузгодженість стимулюючих заходів, за якої економічні переваги впровадження енергоефективних й енергоощадних технологій не завжди очевидні економічним суб'єктам, наділених повноваженнями щодо їх впровадження;

по-друге, (сучасними словами) інформаційна асиметрія, яка не дає змоги економічним суб'єктам отримати повну й релевантну інформацію про енергоефективні технології і можливості їх впровадження у реальну господарську практику;

по-третє, брак регуляторної системи, який суттєво обмежує можливості реалізації енергоефективних технологій за умов їх невідповідності встановленим і діючим на даний час технічних стандартів і правил;

по-четверте, недосконала ринкова структура, яка не допускає на ринок економічно ефективні технології;

по-п'яте, діючі у суспільстві традиції, які дуже часто відкидають енергоефективні технології, якщо їх впровадження вимагає зміни усталених звичок споживачів.

Свою чергою, Дж. Пайнулі і Б. Редді [140] аналізують бар'єри енергозбереження в електроенергетиці через призму співвідношення ринкового попиту і пропозиції електроенергії. При цьому виокремлюються такі групи бар'єрів, як-от: технічні, інституційні, управлінські, фінансові, вартісні й інформаційні. Між тим, подальші наукові дослідження розриву енергоефективності вказують на пріоритетний вплив його управлінських й організаційних аспектів на ефективність діяльності підприємницьких і бізнесових структур. З цього приводу К. Куреманс наголошує, що управлінські й організаційні бар'єри їх економічної діяльності на сьогодні суттєво переважають економічні та ринкові бар'єри, оскільки стратегічні аспекти енергоефективності мають безумовний пріоритет над прибутковістю [31]. Виходячи з цього, ефективно

організаційне впровадження процесу енергоменеджменту на рівні компаній є, на думку М. Йоханссона, вирішальним у подоланні розриву енергоефективності та зниження його інформаційних бар'єрів [93].

Підбиваючи підсумок, відзначимо, що стала енергетична модель глобальної економіки базується на декарбонізованій цифровій енергетиці, що лежить в основі розбудови децентралізованих каналів виробництва і споживання енергетичних товарів з наданням широких можливостей різнорівневим економічним суб'єктам самостійно генерувати електроенергію та продавати її на ринку. Досягнення цієї стратегічної мети лежить у площині всебічного підпорядкування економічних інтересів підприємницького і бізнес-сектору екологічним інтересам виживання людської цивілізації на основі обмеження кількісних параметрів економічного прогресу та імплементації у світове господарство комплексних механізмів його безконфліктного функціонування у рамках природних екосистем.

Висновки до розділу 1

1. З середини 1980-х років дослідження проблематики сталого розвитку стає своєрідною реакцією науковців на фундаментальні зміни, які відбулись у національних економіках держав-лідерів: швидка змінюваність технологій виробництва, поглиблення суспільного поділу праці, нарощування темпів промислового виробництва, диверсифікація форм економічної власності, монополізація капіталу і виробництва, активізація процесів нагромадження капітальних активів, зростання забруднення довкілля та ін. Саме зазначені процеси стали причиною глибокої консолідації наукових підходів економістів, політиків й екологів у царині розроблення таких моделей суспільного розвитку, які були б здатними системно інтегрувати результати економічної діяльності з досягнутим країнами соціальним прогресом, параметрами їх екологічної стійкості і збереження довкілля. Парадигма сталого розвитку в її енергетичному вимірі органічно поєднується з концепцією зеленої економіки, тож залучення тих чи інших енергетичних ресурсів у процес суспільного відтворення завжди повинно

оцінюватись не тільки з отримуваним економічним ефектом, але й рівнем екологічної шкоди від їх видобутку, перероблення, експлуатації й утилізації відходів. Це вимагає всебічного підпорядкування економічних інтересів підприємницького і бізнес-сектору екологічним інтересам виживання людської цивілізації на основі обмеження кількісних параметрів економічного прогресу та імплементації у світове господарство комплексних механізмів його безконфліктного функціонування у рамках природних екосистем.

2. Найбільш вагомий внесок у формуванні теоретичного дискурсу сталого розвитку зробили доповіді Римського клубу, концептуальні моделі енергоспоживання (статична міжгалузева модель взаємодії довкілля й економічної системи суспільства В. Леонтьєва – Д. Форда, доктрина диференційованого обмеженого зростання М. Месаровича і Е. Пестеля, моделі World 1, World 2 та World 3 Дж. Форрестера та Д. Медоуза), Всесвітній саміт з питань навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), Спеціальна доповідь ООН «Глобальна екологічна перспектива – 2000», Кіотський кліматичний протокол, Саміт тисячоліття 2000 р., Цілі сталого розвитку ООН, Паризький кліматичний договір. Вони сформували міцний теоретико-методологічний базис глобального кліматичного регулювання, методичні основи системного аналізу типів і форм залучення енергетичних ресурсів у процес глобального суспільного відтворення, а відтак – містять ефективні механізми розв'язання світовою спільнотою найгостріших проблем екологізації глобального економічного розвитку та системного впровадження у суспільне виробництво ресурсозберігаючих технологій.

3. Енергетичні трансформації на кожному етапі світогосподарського розвитку характеризувались своїми унікальними рисами й особливостями. Вони відбивають специфіку діючих у той чи інший період часу техніко-економічних, організаційно-економічних і суспільних відносин у їх діалектичній єдності з виробничими відносинами та відносинами економічної власності, що визначають пануючу у суспільстві модель енергоспоживання, співвідношення між структурними компонентами національних енергетичних балансів держав та формуванні їх нових елементів, зміну питомих часток різних джерел енергії у виробництві валового

внутрішнього продукту і сукупної доданої вартості; диверсифікацію джерел енергетичних ресурсів; форми і механізми їх залучення у господарський обіг, структуру інфраструктурного забезпечення енергетичного комплексу та ін.

4. Об'єктивною передумовою еволюційного розвитку світової енергетичної системи у форматі енергетичних трансформацій є ключова економічна суперечність між потребами масштабування світового виробництва та підвищення продуктивності суспільної праці, з одного боку, та нездатністю наявних енергетичних ресурсів її забезпечити з причин вичерпання свого потенціалу, з другого. Досягнення даною суперечністю критичного загострення та набуття нею антагоністичного характеру мають своїм закономірним наслідком настання енергетичних криз, котрі, забезпечуючи її тимчасове розв'язання, є головним рушієм подальшого «перезавантаження» світової енергетичної системи на якісно новій парадигмальній основі. Саме у періоди енергетичних криз завжди формується суспільна затребуваність на енергетичні трансформації з формуванням попиту з боку населення і промислового сектору на якісно нові види енергетичних ресурсів і товарів.

5. В еволюції енергетичних трансформацій останніх трьох століть чітко виокремлюються чотири етапи за критеріями щодо домінуючих структури і моделі світового енергоспоживання, пануючих форм і механізмів залучення енергетичних ресурсів у суспільне відтворення, специфіки його енергетично-інфраструктурного забезпечення, контрактної структури енергоринку, механізмів функціонування і регулювання його ключових сегментів, конкурентної диспозиції ключових ринкових акторів, домінуючих видів і методів ціноутворення на енергоресурси. Перший етап – Енергетика 1.0 (індустріально-споживча, вугільно орієнтована модель) – кінець XVIII ст. – перша половина 1910-х років; другий етап Енергетика 2.0 (вуглеводнева коммодитизована модель) – друга половина 1910-х – перша половина 1970-х років; третій етап – Енергетика 3.0 (вуглеводнева фінансово орієнтована модель) – друга половина 1970-х – кінець 2000-х років; четвертий етап – Енергетика 4.0 (стала енергетична модель мережевого типу) – початок 2010-х років – дотепер. Зазначені етапи еволюції енергетичних трансформацій за своїми масштабами, широтою охоплення галузей і секторів світового господарства, а

також механізмами впливу на його структурну динаміку повною мірою відтворюють історичну логіку еволюційного розвитку технологічних укладів.

6. Історичний хід енергетичної трансформації у форматі Енергетика 4.0. збігається у часі з переходом світової економіки до технологій п'ятого і шостого технологічних укладів. Базуючись на відновлювальній енергетиці, технологіях накопичення енергії, електрифікації транспорту, інтернету речей та ін., він повною мірою кореспондується з концепцією четвертої промислової революції, а відтак – є головною рушійною силою витіснення традиційної енергетики технологіями відновлювальної енергетики та системний перехід світового господарства на якісно вищий щабель енергетичного розвитку. П'ятий і шостий технологічні уклади в енергетичному вимірі перебувають у тісній конвергенції з ІТ-технологіями, що дає змогу забезпечити в рамках трансформації Енергетика 4.0 ефективну децентралізацію світового виробничого комплексу, трансформацію розподілу енергії з вертикально-управлінської організації у бік поглиблення горизонтальних взаємодій суб'єктів енергоринку різних рівнів, організаційно-економічних й інституційних форм.

7. Високі темпи декарбонізації світового енергетичного сектору мають своїм закономірним наслідком значне підвищення рівня його децентралізації. Вона виявляється у локалізації виробничих енергогенеруючих потужностей якомога ближче до локальних точок споживання енергії з орієнтацією децентралізованих енергетичних систем на максимальну локалізацію енергетичних джерел якомога ближче до споживачів кінцевої енергії. У такий спосіб забезпечується не тільки суттєве зниження трансакційних витрат на передачу і розподіл енергії, але й ефективно оптимізується використання відновлювальної енергії, зменшується використання викопних видів палива та значно підвищується екологічна ефективність функціонування світового енергетичного сектору.

Основні результати розділу опубліковано у наукових працях авторки [35; 36; 214; 216; 217; 220; 224; 225].

РОЗДІЛ 2

СТАЛА ПЛАТФОРМА ГЛОБАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА ЇЇ ФОРМАТИ

2.1. Діджиталізація світового енергосектору – дієвий механізм глобальної енергетичної трансформації

Системні процеси діджиталізації економічної діяльності, які в останнє десятиліття охопили усі структурні підсистеми світового господарства, дедалі більшою мірою «втягують» у свою «орбіту» і глобальний енергетичний сектор. Як один з ключових механізмів підвищення ефективності, рентабельності й «озеленення» діяльності енергокомпаній, діджиталізація зародилась ще у далеких 1970-х роках у формі автоматизації рутинних і небезпечних операцій в енергетичному виробництві. У нинішніх же умовах значного загострення міжнародної конкурентної боротьби на світовому енергетичному ринку, швидко змінних його структурних параметрів та підвищення екологічних вимог до діяльності енергокомпаній діджиталізація характеризується фундаментальним впливом цифрових технологій (промислового інтернету речей, оцифрування бізнес-процесів, хмарних і когнітивних обчислень, аналітики великих даних, машинного навчання, штучного інтелекту, доповненої і віртуальної реальності та ін.) як на ландшафт глобального енергетичного ринку, так і сформовану архітектуру взаємодії його суб'єктів. Це набуває свого концентрованого вираження насамперед у переведенні у цифрове середовище усіх фізичних і бізнес-процесів; наскрізній цифровій інтеграції усіх операційних процесів в енергетиці за усіма ланками сформованих тут технологічних ланцюгів; розбудові так званих «розумних» мереж (*англ. – smart grids*); широкому застосуванню діджитал-технологій у прогнозуванні і моделюванні різного роду технологічних процесів в енергетиці; цифровій модернізації технологічного обладнання; а також запровадженні гнучких систем управління енергетичною інфраструктурою на усіх рівнях суспільного відтворення енергетичної продукції.

Окремої уваги заслуговує і той факт, що процеси діджиталізації спричиняють перманентне розширення географічних і секторальних кордонів глобальної енергетичної індустрії, за якого зорієнтовані на максимізацію прибутку господарські операції та чинні бізнес-моделі енергокомпаній організовуються й управляються на основі широкого застосування інформаційно-комунікаційних технологій. Закономірним результатом дії даного фундаментального тренду є формування якісно нової конфігурації ланцюга доданої вартості та докорінна зміна базових принципів взаємовідносин між усіма акторами світового енергетичного ринку, включаючи й стратегічних партнерів енергокомпаній. Наприклад, ті ж самі хмарні обчислення, надаючи компаніям енергетичного сектору необмежений мережевий доступ до глобального фонду конфігурованих обчислювальних ресурсів, відкривають перед ними широкі можливості впровадження у виробничих процесах інноваційних розробок, підвищення гнучкості ресурсів та їх значної економії за рахунок масштабів. У контексті переведення енергосектору на сталу модель розвитку, хмарні технології створюють усі необхідні передумови для залучення споживачів у процес суспільного відтворення енерготоварів та формування позитивного «зеленого іміджу» компаній в очах світової громадськості.

Про досягнуті на сьогодні масштаби діджиталізації світового енергетичного сектору свідчать такі дані: капіталізація глобального ринку цифрових технологій в енергетиці тільки у період 2017-2022 рр. зросла з 50 до 55 млрд дол. США з перспективним трендом збільшення до 64 млрд на період до 2025 р. [119]. Загалом же, експерти ЮНКТАД оцінюють внесок ІКТ-послуг та ІКТ-виробництва у глобальний валовий внутрішній продукт на рівні 6,5%, а зайнятість тільки у секторі інформаційно-комунікаційних послуг – у 100 млн осіб [85, с. хііі]. Своєю чергою, згідно розрахунків Міжнародної торговельної комісії США (*англ. – United States International Trade Commission – USITC*), глобальний обсяг електронної комерції ще у 2016 р. становив 27,7 трлн дол. США, а вартість електронних операцій у сегменті B2B – 23,9 трлн, що ушестеро перевищує відповідний показник для сегменту B2C (3,8 трлн) [102, с. 5, 8].

Доцільно зауважити, що системна інтеграція усіх учасників енергетичного сектору на основі сучасних діджитал-рішень є невід’ємним компонентом реалізації у глобальних координатах більш масштабної за охопленням концепції інтернету енергії як мережі об’єктів енергетики, котрі можуть підключатись і взаємодіяти з іншими об’єктами енергетичного обладнання на основі технологій міжмашинної взаємодії. Енергетичний інтернет, базуючись на системній інтелектуалізації приладів обліку енергоспоживання, широкому впровадженні діджитал-технологій у розподілені енергосистеми, постійному моніторингу стану енергомережевого обладнання та обміні інформаційними даними між енергетичними приладами і хмарним сховищем, забезпечує значне підвищення ефективності й безпеки функціонування енергоінфраструктури, стабільність її роботи, поліпшення якості енергетичних сервісів та зниження витрат на виробництво і споживання енергетичних товарів.

Водночас енергетичний інтернет забезпечує глибоку конвергенцію розрізнених у географічному вимірі невеликих споживачів і виробників енерготоварів з їх перетворенням на активних ринкових акторів інструментальними каналами агрегації й управління попитом, самоорганізації і децентралізації. Як показують дані, подані на рис. 2.1, сукупна капіталізація ринку енергетичного інтернету зросла з 20,2 млрд дол. США у 2020 р. до 25,3 млрд у 2022 р., а до 2025 р. збільшиться, за прогнозами авторитетних міжнародних експертів, до 35,2 млрд зі щорічним темпом приросту на рівні 111,7% упродовж 2020-2025 рр.

Варто також додати, що подібна динаміка характерна і для показника глобального інвестування цифрової електроенергетичної інфраструктури та розробки програмного забезпечення для неї. Так, у період з 2014 р. і дотепер вони щорічно зростають на 20%, досягнувши на кінець 2017 р. відмітки у майже 50 млрд дол. США. Такий розмір вхідних інвестиційних потоків майже на 40% перевищував інвестиційні капіталовкладення у газову електрогенерацію (34 млрд дол. США у 2017 р.) та дорівнював сукупним інвестиціям в електроенергетичний сектор Індії (55 млрд дол. США відповідно) [12, с. 395].



Рис. 2.1. Вартість технологій інтернету речей, застосовуваних на світовому енергетичному ринку, у період 2020-2022 рр. з прогнозом до 2025 рр.

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [136].

На цій основі робимо такий висновок: функціонування глобального енергетичного сектору в останні роки характеризується неухильним зростанням ролі різного роду цифрових рішень. Вони активно застосовуються як для кращого задоволення потреб споживачів в енергопродуктах, так і поліпшення структури експлуатаційних витрат самих енергокомпаній, суттєвого зниження вартості генерації електроенергії та – найголовніше – системного «озеленення» енергосектору та послаблення його негативного екологічного впливу на довкілля. Зокрема, за експертними оцінками фахівців BloombergNEF, пов'язані з енергетикою глобальні викиди парникових газів мають зменшитись до 2030 р. на 30% відносно 2019 р. та на 75% – на період до 2040 р., що передбачає середньорічне їх скорочення на рівні 3,2%. При цьому найбільшого «озеленення» зазнає електроенергетичний сектор, зменшивши, порівняно з 2019 р., викиди CO₂ на 57% на період до 2030 р. та на 89% – до 2040 р. [122].

У загальному руслі системних принципів наукового дослідження економічних процесів і явищ конкретизуємо й детально охарактеризуємо *ключові тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору, які дають усі підстави*

говорити про його перехід на сталу модель розвитку. Насамперед слід відзначити наскрізний характер діджиталізації з охопленням усіх структурних сегментів енергетичної підсистеми світового господарства та їх глибокою інтеграцією у цифрові екосистеми усіх економічних суб'єктів, котрі беруть участь у ланцюгу створення вартості. Що стосується нафтогазового сектору, то тут діджитал-технології забезпечують як підвищення маржинальності господарських операцій енергетичних компаній, так і нарощування обсягів видобування ними паливної сировини та зниження операційних ризиків і трансакційних витрат при її переробленні. Це досягається насамперед завдяки оцифровуванню корпоративних активів, моделюванню виробничо-інвестиційних проєктів на основі різних ринкових сценаріїв, прогнозування ринкового попиту, діджитал-оптимізації запасів і логістичних мереж, а також ефективному моніторингу поточного стану активів і виробничих потужностей нафтогазових фірм за усіма ланками вартісного ланцюга – від розвідування і видобування паливної сировини до реалізації готових енергетичних товарів кінцевим споживачам.

Зокрема, при розвідуванні енергетичної сировини широкого застосування в останні роки отримали технології віртуальних пошукових і розвідувальних робіт, які включають, зокрема, процеси дистанційного зондування землі, розроблення цифрових двійників родовищ, використання геоінформаційних систем на основі 3D-моделювання (моделювання пластів, гідророзриву, рельєфу місцевості), розроблення цифрових моделей географічних ділянок з наданням повної інформації про розвиток пластів, потенційний запас родовищ, особливості рельєфу та ін. Водночас, у секторі добування енергетичної сировини діджиталізація вже сьогодні забезпечує суттєвий приріст сукупного обсягу видобутої енергосировини, (насамперед нетрадиційних і важкодоступних видів нафти і сланцевого газу), широкі можливості сценарного моделювання нафтогазового виробництва та вибору оптимальних рішень при транспортуванні і переробленні нафти тощо.

Як свідчить світовий досвід діджиталізації нафтогазового сектору, найбільш поширеними на сьогодні є такі її бізнес-моделі як-от: «цифровий upstream», «цифрове родовище» та «цифровий downstream». Так, «цифрового upstream»

базується на когнітивних системах ухвалення експертних рішень, а «цифровий downstream» – на інтегративному управлінні усіма структурними ланками вартісних ланцюгів. Своєю чергою, бізнес-модель «цифрового родовища» фокусується на добуванні важкодоступних запасів енергетичної сировини способом фронтальної діджиталізації усіх виробничих об'єктів: від механізованого фонду свердловин і систем підготовки нафти до трубопровідного транспорту і систем моніторингу його стану, віддаленого управління технологічними й інфраструктурними об'єктами, використання розумних газоаналізаторів і датчиків тощо [61].

На сьогодні велика кількість глобальних гравців нафтогазового сектору реалізують масштабні програми і проєкти розумного виробництва. З-поміж них, зокрема, компанія Schlumberger (розумні свердловини (*англ.* – *Smart Wells*)), Shell (розумні родовища (*англ.* – *Smart Field*)), BP (родовища майбутнього (*англ.* – *Field of Future*)). Наприклад, BP ще у 2017 р. придбала компанію Beyond Limits, котра є стартапом в царині технологій штучного інтелекту і когнітивних обчислень, здатних забезпечити адаптацію для потреб енергосектору Upstream-технологій дослідження далекого космосу Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору США (NASA) [90]. Ця ж сама нафтогазова корпорація з 2018 р. реалізує масштабний проєкт Claire Ridge на основі використання розробленої компанією WorleyParsons технології цифрового двійника нафтородовища у Північному морі. Своєю чергою, результати дослідження GlobalData свідчать про те, що нині ціла низка корпорацій-«левіафанів» глобальної нафтогазової індустрії (на кшталт BP, Royal Dutch Shell, Chevron, ExxonMobil, ConocoPhillips, Repsol, Equinor, Saudi Aramco, Sinopec та ADNOC) активно співпрацює з міжнародними високотехнологічними компаніями (Microsoft, Alibaba, IBM, Amazon, Dell, Alphabet, PTC, GE, Cisco, Siemens, Schneider Electric, Intel та ін.) у царині розроблення й адаптації технологій промислового інтернету до діджитал-потреб нафтогазового сектору [189].

У такий спосіб у глобальному енергетичному секторі в останнє десятиліття динамічно розвиваються альянсні формати стратегічного партнерства

нафтогазових і високотехнологічних корпорацій, котрі забезпечують глибоке «вбудовування» проривних діджитал-технологій у роботу енергетичного сектору, а відтак – його переведення на якісно вищий щабель розвитку. Більше того, є всі підстави стверджувати про розбудову у глобальному енергетичному секторі екосистем взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих одна одну бізнес-моделей, об'єднаних на спільних цифрових платформах. Подібні умови функціонування енергетичного сектору, з одного боку, відкривають перед енергокомпаніями практично необмежені можливості швидкого переключення на гібридні й комбіновані інструменти торгівлі енергетичними продуктами з метою максимально повного задоволення енергопотреб своїх споживачів, а з другого – потребує впровадження енергетичними компаніями якісно нових – цифрових – моделей організації й управління економічною діяльністю.

Ні в кого вже не викликає сумніву той факт, що діджиталізація світового нафтогазового сектору відбувається нині на тлі стрімкого вичерпування експлуатованих і зростаючої трудомісткості розробки нових родовищ, високої волатильності цінової кон'юнктури ринку і посилення державного регулювання галузі. За таких умов системна (чи навіть фрагментарна) діджиталізація процесів видобування, транспортування і збуту енергоресурсів справляє потужний вплив на діючі бізнес-процеси в енергетичному секторі, спричиняючи їх системну оптимізацію і модернізацію у бік зниження операційних і капітальних витрат, підвищення продуктивності персоналу, нарощування операційного доходу і ринкової капіталізації компаній тощо (додаток В).

Наголосимо також, що навіть у короткостроковій перспективі діджиталізація енергетичного сектору здатна забезпечити щорічний приріст доходів компаній на рівні 3-4% [96, с. 80]. Його джерелом є, в першу чергу, такі ланки сформованого в енергетиці глобального вартісного ланцюга як генерація і розподіл, висока ефективність яких досягається як за рахунок аналізу усіх доступних даних, так і автоматизації бізнес-процесів та фронтального локального впровадження діджитал-рішень на усіх об'єктах критичної енергетичної інфраструктури.

При цьому компанії енергосектору демонструють доволі високий рівень схильності до імплементації складних цифрових рішень, коли за більшістю діджитал-технологій (за виключенням машинного навчання й автономного транспорту) частка енергофірм, здатних їх впровадити, суттєво перевищує відповідний показник для усього бізнес-сектора (рис. 2.2). Наприклад, аналітику великих даних здатні впроваджувати нині 87% нафтогазових компаній, інтернет речей – 83%, нові матеріали – 83%, хмарні обчислення – 78%, електроніку, що носить – 70%, доповнену і віртуальну реальність – 65%.

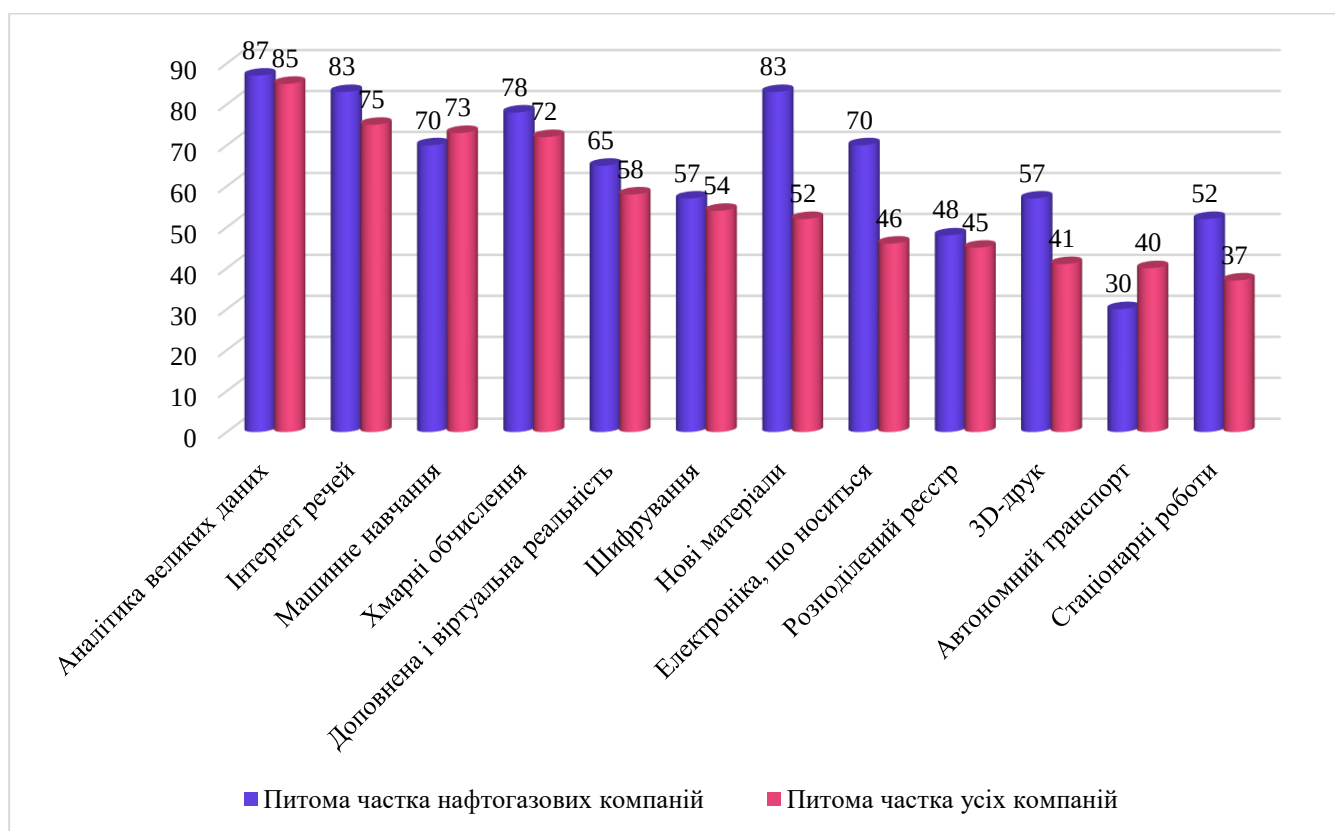


Рис. 2.2. Питома частка компаній, здатних впровадити цифрові технології до 2022 р., за окремими технологічними напрямками, % загальної кількості

Джерело: побудовано авторкою за даними [96, с. 80].

Не слід скидати з рахунків і докорінної діджитал-трансформації чинних корпоративних стратегій і бізнес-моделей енергетичних компаній, яка дає змогу суттєво знизити транзакційні витрати на освоєння й обслуговування нафтогазових свердловин. Звернімось до цифр: за даними авторитетних міжнародних експертів, існуючі діджитал-технології вже сьогодні здатні забезпечити зниження витрат на видобуток енергосировини на 10-20%; а сукупний

обсяг її видобування – на 5%. За експертними ж оцінками фахівців ВР, саме діджиталізація дасть змогу на період до 2050 р. на 40% збільшити обсяги світового нафтовидобування за одночасного 30%-ного зменшення собівартості видобування нафти [23, с. 79].

І це при тому, що при реалізації великомасштабних цифрових трансформацій енергетичного сектору у більшості випадків спостерігається приблизно 30%-не падіння рівня ринкової капіталізації компаній. Наприклад, цифрова трансформація трубопроводу вартістю 1,4 млрд дол. США здатна згенерувати енергетичній компанії економічний ефект у розмірі лише 1 млрд [188, с. 9]. Тож головним механізмом підтримання достатніх, з погляду рентабельності інвестиційних капіталовкладень, вхідних грошових потоків від діджиталізації енергетичного сектору є *розбудова нафтогазовими компаніями спільно зі своїми партнерами розгалужених екосистем (як внутрішніх, так і зовнішніх) за одночасного нарощування обсягів венчурного фінансування досліджень і розробок енергетичного профілю*. Наприклад, нафтогазова корпорація ExxonMobil з метою діджитал-трансформації своїх бізнес-процесів за усіма ланками глобального вартісного ланцюга активно використовує на сьогодні обчислювальні потужності Національного центру суперкомп'ютерних додатків в Університеті штату Іллінойс.

Своєю чергою, у вугільній галузі широке впровадження діджитал-технологій забезпечує не тільки суттєве *поліпшення чинних систем геологічного моделювання та автоматизації процесів технологічного обслуговування енергетичного обладнання, але й ефективне попередження щонайменших збоїв й аварійних ситуацій у виробничому процесі, його структурну оптимізацію (від видобутку вугілля до його поставок кінцевим споживачам) та зниження рівня небезпеки виробничих травмувань й інвалідизації працівників*. Не випадково, найбільш пріоритетними у діджиталізації глобального вугільного сектору є на сьогоднішній день бізнес-моделі «цифрових шахт», «цифрових (безлюдних) кар'єрів», «цифрового управління ланцюгами поставок» та ін. [9, с. 747-757]. У своїй сукупності вони відкривають вугільним компаніям широкі можливості інтелектуалізації виробничих процесів, впровадження надскладних комплексів автоматизованих й автономних систем управління ними, здійснення постійного

моніторингу й обліку «вуглецевого сліду» та ін. Водночас використання вугільними фірмами розгалужених інфраструктурних мереж комунікацій і гнучких роботизованих систем виробництва, оброблення широкого масиву аналітичних даних з використанням корпоративних Wi-Fi та геолокаційних технологій віддаленого моніторингу працівників, технологічного обладнання і якісних кондицій повітря у копальнях активно застосовуються при ухваленні різного роду управлінських рішень.

Однак, зазначені вище конкурентні переваги діджиталізації світового енергетичного сектору не можуть зрівнятись з економічними вигодами, що їх отримує *електроенергетичний комплекс*. Наголосимо, що саме тут реалізується нині найбільша кількість цифрових ініціатив, національних проєктів і програм, корпоративних стратегій і бізнес-моделей у царині діджиталізації. Йдеться насамперед про *значне підвищення стабільності роботи енергосистем, створення технічних можливостей щодо розподілення електрогенерації як у межах окремих автономних станцій, так і комплексних енергетичних мереж з сотнями інфраструктурних об'єктів, об'єднаних механізмами екосистем інтернету енергії*. Інакше кажучи, діджиталізація відкриває практично необмежені можливості управління надскладними енергосистемами та забезпечення їх надійності, підвищуючи у такий спосіб рівень енергоефективності, екологічності й структурної оптимізації енергетичного сектору, а також мультиплікуючи розвиток широкого спектра інноваційних технологій розподіленої електрогенерації.

Не слід скидати з рахунків і потужного ресурсного потенціалу діджитал-технологій в частині моніторингу і прогнозування техніко-технологічних параметрів електрогенеруючого і мережевого устаткування як запоруки багаторазового зниження ризиків його аварійності та мережевих втрат електричної енергії. Наприклад, розроблений корпорацією Schneider Electric програмно-апаратний комплекс «Thermis» завдяки застосуванню інструментарію математичного моделювання дає змогу у режимі реального часу розрахувати оптимальний тиск у мережі та оптимальну температуру подачі теплоносія, що забезпечує значне зниження витрат при безперебійному теплопостачанні споживачів [190, с. 6, 7]. Це красномовно підтверджує домінування глобального

тренду переведення світового енергосектору на модель сталого розвитку. У даному контексті доцільно зауважити, що загальносвітовий обсяг зекономленої електроенергії від застосування діджитал-технологій оцінюється міжнародними експертами у 500-700 ТВт / год у рік.

У комплексній характеристиці процесів діджиталізації світового енергетичного сектору, яка засвідчує його поступове переведення на модель сталого розвитку, окремої уваги заслуговують також тенденції щодо *стрімкого нарощування масштабів транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid, розбудови децентралізованих енергетичних систем та включення у загальні мережі значних обсягів згенерованої зеленої електроенергії*. Звернімось до цифр: капіталізація глобального ринку технологій Vehicle-to-Grid зросла у період 2020-2022 рр. з 1,2 до 2,6 млрд дол. США, а на період до 2027 р. досягне відмітки у 17,4 млрд (рис. 2.3).

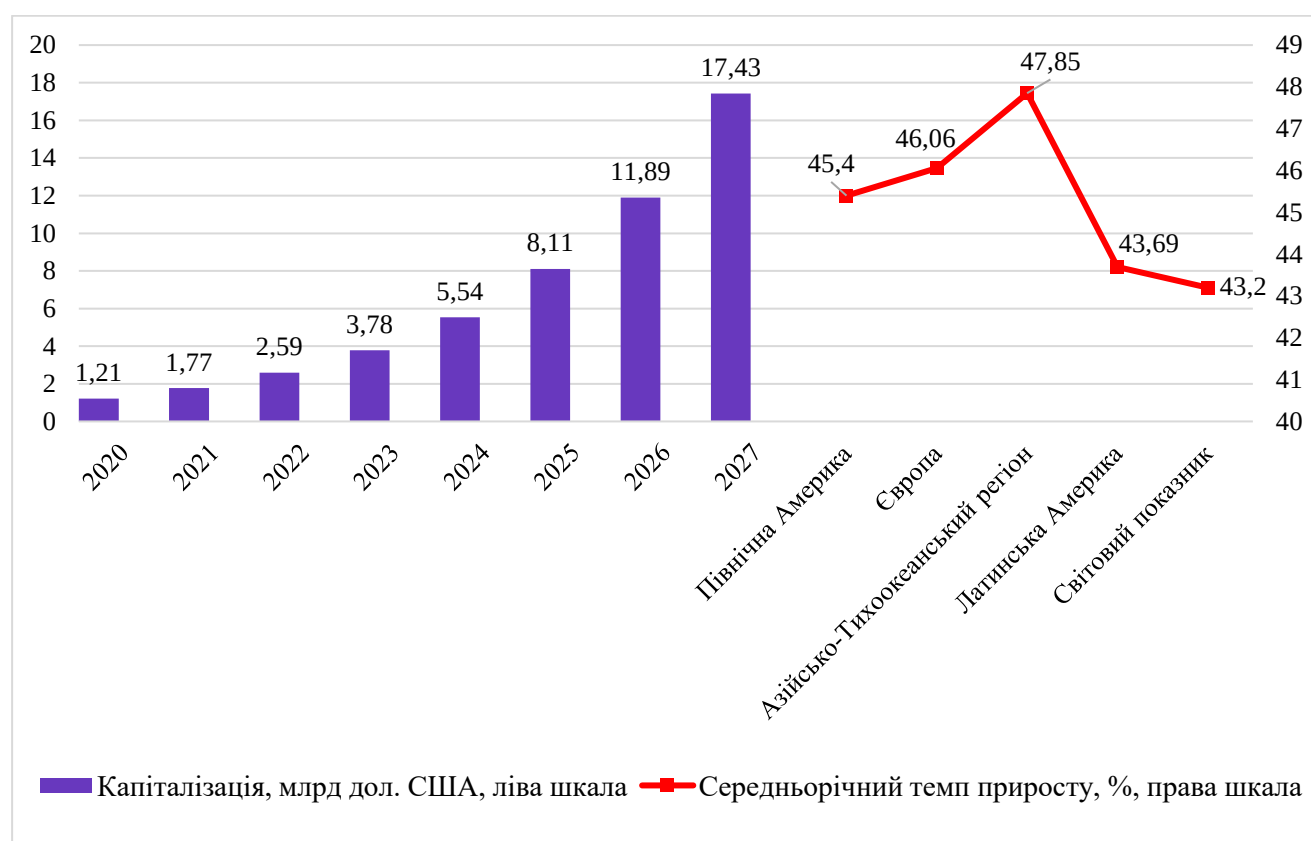


Рис. 2.3. Капіталізація глобального ринку технологій Vehicle-to-Grid у 2020-2022 рр. та середньорічний темп її приросту у період 2020-2027 рр.

Джерело: побудовано авторкою за даними [193].

При цьому найвищі середньорічні темпи приросту даного показника очікуються у період 2016-2027 рр. в Азійсько-Тихоокеанському регіоні і Європі, а найбільші доходи отримуватимуть компанії, що працюють у сегментах виробництва розумних лічильників і автозарядних станцій (*англ. – Electric Vehicle Supply Equipment – EVSE*), енергоменеджменту домашніх господарств та розроблення програмного забезпечення у сфері енергетики (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Ринковий дохід компаній, котрі працюють у сегменті технологій
Vehicle-to-Grid, за окремими технологічними напрямками
у 2016-2019 рр., млн дол. США**

Технологічний напрям Vehicle-to-Grid	2016	2019	Середньорічний темп приросту доходів у період 2020-2027 рр., %
Виробництво розумних лічильників	18,2	54,8	44,92
Виробництво автозарядних станцій EVSE	219,0	684,4	46,78
Енергоменеджмент домашніх господарств	14,9	43,5	42,93
Розроблення програмного забезпечення у сфері енергетики	17,0	50,3	43,80
Усього	269,2	832,9	46,31

Джерело: побудовано авторкою за даними [193].

Згідно ж даних фахівців Industry ARC, капіталізація глобального ринку технологій Vehicle-to-Grid досягне у 2026 р. набагато вищої відмітки у понад 28,1 млрд дол. США [192]. Це свідчить про активну діяльність ключових корпоративних учасників ринку (Nissan Motor Corporation – 20% ринку, Mitsubishi Motors – 13%, Groupe Renault – 12%, Engie Group і BMW – по 6%, Honda Motor Co. Ltd. – 5%, OVO Energy Ltd. і TransPower – по 3%, NUVVE Corporation – 1% та ін.) (рис. 2.4) у царині нарощування інвестиційних капіталовкладень у високотехнологічні енергетичні розробки, поглиблення партнерських форматів співпраці, а також злиттів і поглинань з метою розширення своєї ринкової частки.

В якості прикладу наведемо, зокрема, партнерську співпрацю Hitachi і Mitsubishi, завдяки якій у червні 2018 р. в Японії запрацювала загальнонаціональна мережа зарядного обладнання для автомобілів. Ще один приклад – стратегічне

партнерство ENGIE та Fiat Chrysler Automobiles, котрі у червні 2019 р. вивели на ринок 14 європейських країн інноваційні мобільні рішення зарядки автомобілів.

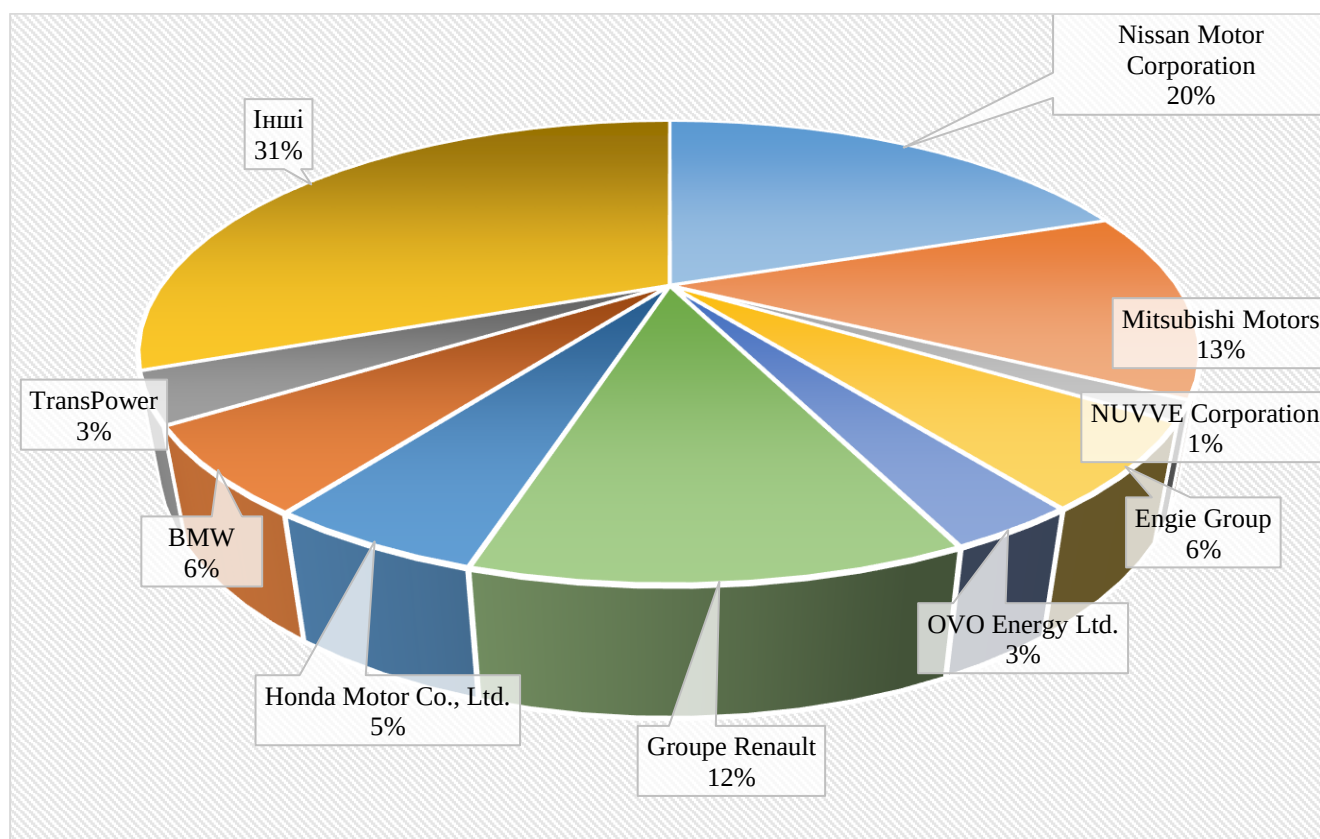


Рис. 2.4. Розподіл глобального ринку технологій Vehicle-to-Grid за окремими багатонаціональними корпораціями у 2019 р., %

Джерело: побудовано авторкою за даними [193].

Свою чергою, у лютому 2019 р. Mitsubishi Corporation здійснила масштабні інвестиційні капіталовкладення в OVO Energy Ltd з метою розроблення інноваційних технічних рішень у сфері електричної мобільності в обмін на 20% акцій компанії. У жовтні цього ж року компанія TechPro інвестувала 10 млн дол. США у корпоративні ДіР у сфері розроблення електромобілів та допоміжної інфраструктури на території Індії; а у серпні 2021 р. французька комунальна компанія EDF оголосила про своє партнерство з японським автовиробником Nissan у сфері запуску системи сервісного обслуговування заряджання комерційних автомобілів від мережі (V2G) для операторів електромобілів по усій території Великобританії [192; 193]. Подібні приклади можна продовжувати.

У контексті розкриття механізмів впливу даного типу технологій на «озеленення» глобального енергетичного сектору зазначимо його основну рису, а

саме: конвергентне об'єднання на одній діджитал-платформі різних типів електромобільного обладнання і приладів⁵ та їх «вбудовування» у діючі енергомережі. Завдяки цьому світовий енергетичний сектор не тільки набуває здатності гнучко управляти енергопопитом, але й пропонує споживачам широкі можливості для масштабного міжсуб'єктного обміну електроенергією. Йдеться, зокрема, про продаж власниками електричних автомобілів електроенергії у години їх простою, купівлю енергії у добові періоди низьких цін, використання електротранспортних засобів в якості безперебійних джерел струму для будинків й офісів тощо.

Характеризуючи процеси діджиталізації світового енергосектору способом транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid, не випускаємо з уваги ще одну важливу обставину. На рівні національних економік вони синхронізуються у просторі і часі з потужними внутрішньосекторальними трендами, спричиненими як динамічним розвитком інноваційних діджитал-рішень і діджитал-технологій, так і високою значущістю кліматичного порядку денного, глибокими трансформаційними змінами інституційного ландшафту й архітектури енергетичних систем. При цьому спостерігаються певні міжкраїнові відмінності в економічній мотивації їх реалізації: у той час як у цілій низці держав головним рушієм зазначених трансформацій стала орієнтація національних стратегій конкурентного розвитку на розбудову низьковуглецевої економіки та подолання енергозалежності від викопних видів палива, інші країни виходили з чисто комерційних мотивів щодо підвищення ефективності функціонування національних енергетичних комплексів. Спільним же для усіх груп держав залишається глибина їх якісних трансформацій, що дає усі підстави кваліфікувати процеси діджиталізації енергосектору в якості одного з ключових механізмів глобального енергетичного переходу.

Так, згідно даних Міжнародного енергетичного агентства, загальносвітова кількість акумуляторів електромобілів (BEV) вже у 2019 р. досягла майже 4,8 млн,

⁵ Примітка.

Йдеться насамперед про електричні акумулятори, транспортні засоби (BEV), гібридні електричні транспортні засоби (PHEV), транспортні засоби на паливних елементах (FCV) тощо.

з яких понад половини (2,6 млн) припадало до Китаю. Оскільки загальна кількість електромобілів станом на 2030 р. становитиме, за різними оцінками, 245 млн [70], то з урахуванням середньої енергемісткості використовуваних батарей (50 кВт/год) можна прогнозувати досягнення на кінець періоду сукупної місткості акумуляторів усіх електромобілів відмітки у 12,5 ТВт/год [81]. Відтак – у найближче десятиліття можна очікувати неухильно зростаючої динаміки транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid. Вже сьогодні можна навести багато прикладів реалізованих у цій царині масштабних глобальних проєктів, зокрема, INVENT – UCSD / Nissan / Nuvve, OVO Energy V2G (Project Sciurus), Powerloop: Domestic V2G Demonstrator Project, UK Vehicle-2-Grid (V2G), Electric Nation Vehicle to Grid, Share the Sun/Deeldezoon Project та багато інших (додаток Д).

З масштабним транскордонним використанням технологій Vehicle-to-Grid пов'язаний ще один провідний тренд діджиталізації глобального енергетичного сектору, який свідчить про його наростаючу сталу трансформацію. Це – *розбудова децентралізованих енергетичних систем* як багаторівневої архітектури учасників енергоринку у складі продуцентів енергії, операторів розподільчих мереж, трейдерів, операторів взаєморозрахунків на оптовому ринку та споживачів. Завдяки здійсненню розрахункових операцій через інтернет та широкому застосуванню у ринковому обігу смарт-контрактів забезпечується значне зниження її вартості, максимальне наближення якісних параметрів функціонування національних енергокомплексів до потреб усіх груп споживачів, більш тісна взаємодія усіх ринкових учасників, а також більш рівномірний розподіл між ними центрів ухвалення управлінських рішень. У практичному плані децентралізація енергосистем набуває свого матеріального втілення в організаційно-економічному й інституційному переході високопродуктивних електростанцій, вертикально інтегрованих енергетичних корпорацій-монополістів, великих переробних і збагачувальних підприємств нафтогазового сектору до мережевої й горизонтально організованої моделі економічної діяльності.

Децентралізація передбачає глибоке «вбудовування» у сформовані у світовому енергетичному секторі вартісні ланцюги невеликих за розміром енергетичних компаній і компліментарних з ними економічних суб'єктів з числа

ІТ-фірм, енергопідприємств малого і середнього бізнесу, розробників програмного забезпечення для енергосектору, аналітиками у сфері Big data, енергоаудиторів, компаній сектору 3D і 4D-друку, інжинірингових й архітектурних фірм тощо. Усі вони мають можливість включатись в енергоринок з причин застосовування до них значно пом'якшених ліцензійних умов діяльності. Тож зазначені суб'єкти, як свідчить світова бізнес-практика, в останні роки дуже глибоко інтегруються у розбудовані великими енергокорпораціями мережеві енергосистеми, виконуючи ті виробничі процеси, котрі неможливо сконцентрувати у просторовому вимірі. Якщо звернутись до конкретних цифр, то тільки у період 2017-2020 рр. щорічний світовий обсяг введених нових потужностей розподіленої генерації електроенергії збільшився з 120 до 180 МВт з прогнозним зростанням обсягу до 275 МВт на період до 2025 р. (рис. 2.5).

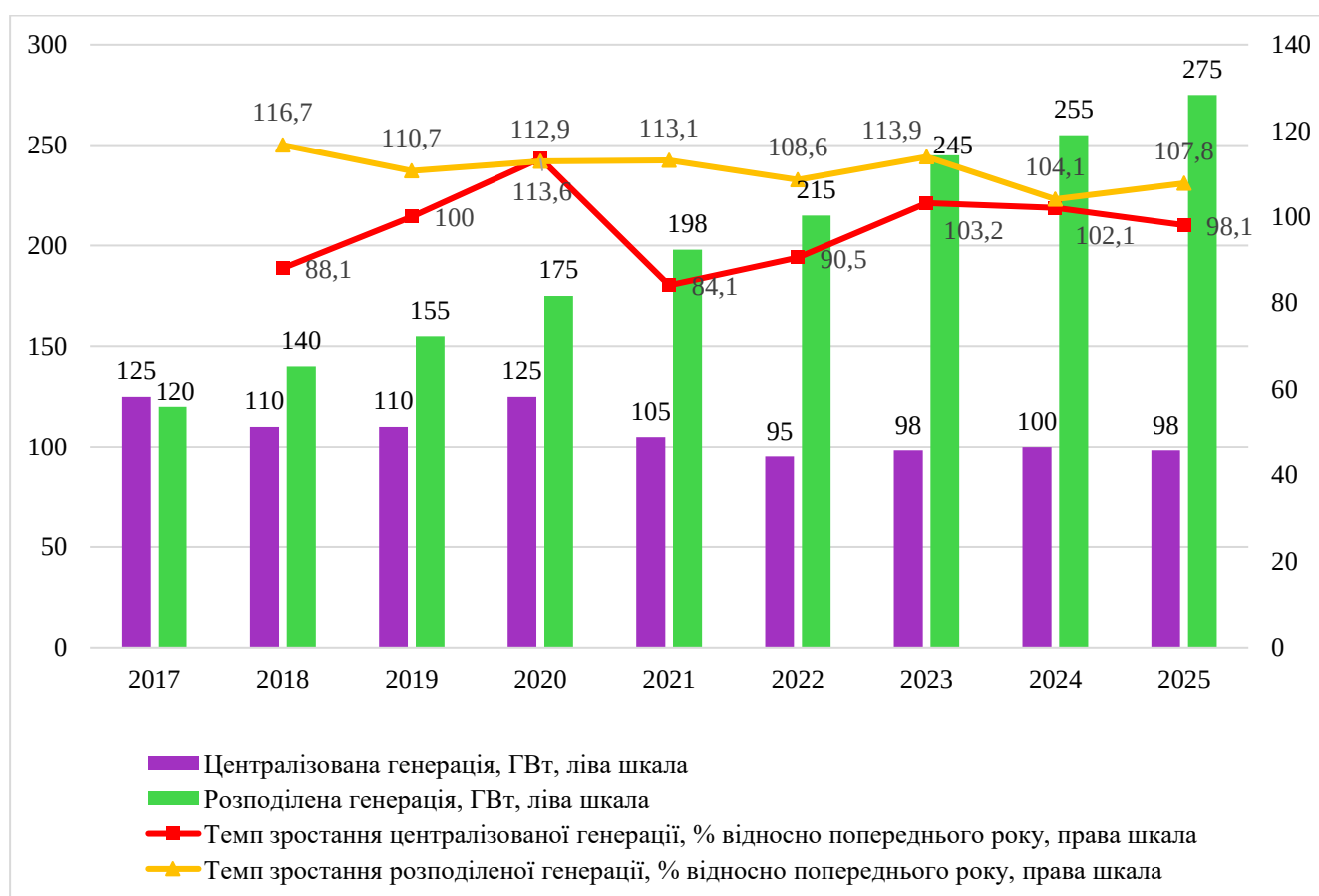


Рис. 2.5. Введення нових потужностей електроенергії у світі у 2017-2020 рр. з прогнозом до 2025 р.

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [119].

Наприклад, вже звичною на сьогодні для багатьох провідних корпорацій світу практикою стали не тільки масштабні закупівлі енергії у великих постачальників, але й певне її самостійне виробництво для внутрішнього споживання. Зокрема, 24 міжнародні компанії (у тому числі глобальні гравці в особі Google, Amazon, Microsoft, Ikea, Equinix, Mars, Dow, Walmart та Facebook) тільки у період 2015-2016рр. придбали сукупно 3,6 ГВт відновлювальної енергії, достатньої для задоволення потреб в електроенергії половини штату Коннектикут [59].

Ні для кого не секрет, що доволі велика кількість енергетичних корпорацій активно впроваджують нині проєкти, спрямовані на конвергентне об'єднання в єдиних енергосистемах децентралізованого типу усіх груп споживачів. Очікується, що завдяки їх діяльності вже до 2050 р. на децентралізовані «рейки» функціонування будуть переведені усі підсистеми глобального енергетичного комплексу, а пануючу диспозицію у ньому посядуть мікромережеві бізнес-структури, здатні мінімізувати втрати енергії від її передачі на далекі відстані. Наприклад, найнижчі у світі втрати у мережах ліній електропередачі (2-3%) має Тринідад і Тобаго, що забезпечено саме завдяки розподіленій енергії та співпадінню місць її виробництва і споживання. Для порівняння: в Україні відповідний показник становить близько 11% (подібно Бангладеш, Ботсвані і Колумбії), що актуалізує нагальне питання переведення національної електроенергетики на розподілену модель функціонування.

У характеристиці ключових тенденцій діджиталізації глобального енергетичного сектору, який свідчить про його наростаючу сталу трансформацію, не можемо оминати увагою й *суттєве підвищення ролі споживачів енергії у її суспільному відтворенні*. Це виявляється у їх перетворенні на повноцінних учасників глобального енергетичного ринку, здатних інтегрувати в енергосистему надлишки енергії, виробленої на основі відновлювальних джерел. Більше того, не здійснюючи жодних початкових капіталовкладень в енергогенерацію, споживачі настійно спонукають енергетичні компанії до *розроблення висококастомізованих техніко-технологічних рішень та продукування пакетних пропозицій енерготоварів й енергосервісів у форматі реалізації бізнес-моделі «енергія як послуга» (англ. – Energy-as-a-Service)* (рис. 2.6). Інакше кажучи, усі ми на сьогодні

є свідками активного переходу енергетичних компаній від моделі екстенсивного зростання власного бізнесу способом диверсифікації географічної структури продажів енерготоварів та нарощування доходів до якісно нової бізнес-моделі, базованій на пропонуванні споживачам нової цінності [168].

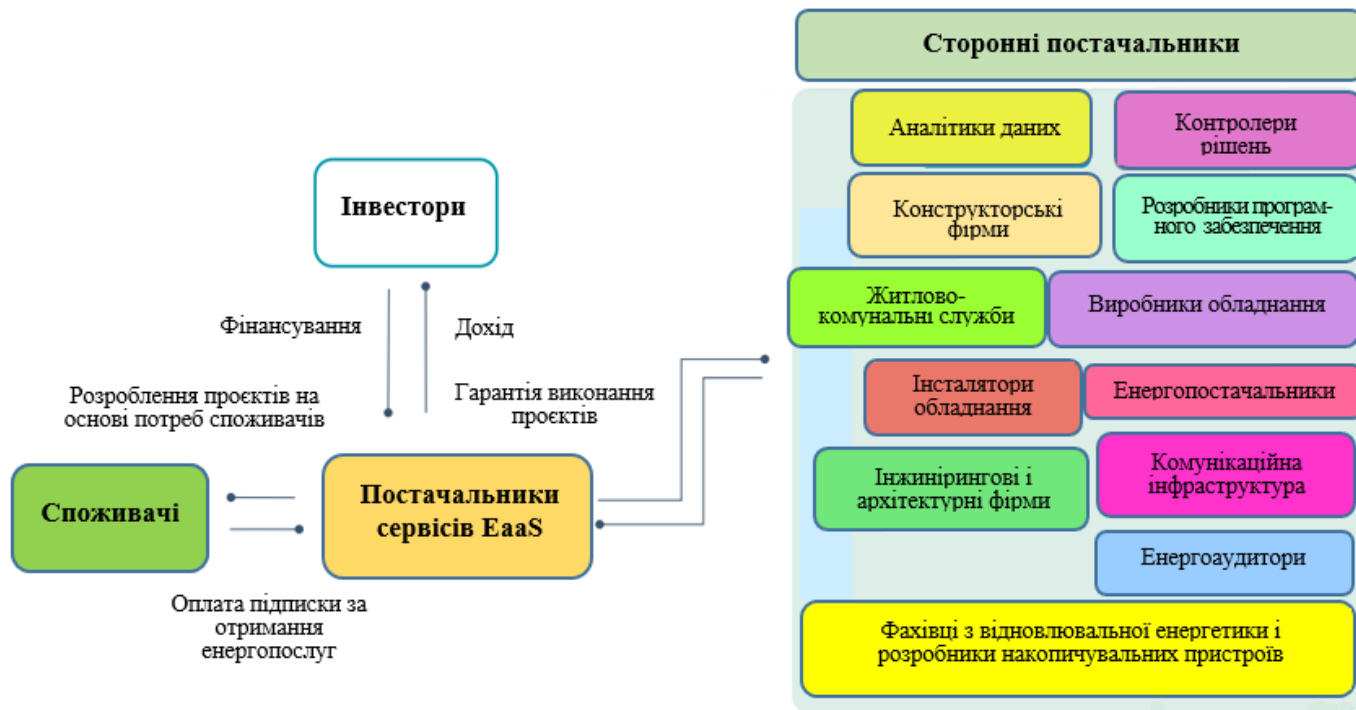


Рис. 2.6. Схема реалізації бізнес-моделі Energy-as-a-Service

Джерело: побудовано авторкою за даними [46, с. 12].

Дана бізнес-модель, органічно об'єднуючи на своїй діджитал-платформі фізичну, цифрову та комунікаційну інфраструктуру енергосектору (тобто енергетичне обладнання, програмне забезпечення й власне самі енергосервіси), формує усі необхідні передумови для ефективного управління енергетичним попитом і пропозицією, підвищення ефективності енергоспоживання, а також широкого впровадження відновлювальної енергетики та децентралізованих джерел енергопостачання. З точки зору суб'єктів, залучених до реалізації бізнес-моделі «енергія як послуга» за усіма її ланками сформованого тут вартісного ланцюга, то вона включає комунальні і промислові компанії, технологічні фірми, нафтогазові корпорації – мейджори⁶, спеціалізовані постачальники відновлюваної енергії, телекомунікаційні компанії та стартапи [46, с. 3].

⁶ Примітка.

Нафтогазові корпорації-мейджори – це фірми-монополісти, котрі сегментують і ділять між собою глобальний енергоринок. Їх групу, згідно підходів «The Financial Times» формують нафтогазові компанії Exxon Mobil, Total S.A.,

Дані, подані на рис. 2.7, засвідчують стрімку динаміку глобальної капіталізації комерційного і промислового ринку Energy-as-a-Service, яка у період 2017-2022 рр. зросла з 65 до 125 млрд дол. США з прогнозним збільшенням даного показника до 221 млрд у 2026 р. та середньорічним темпом його приросту на рівні 15,1% упродовж 2017-2026 рр. [46, с. 12]. При цьому найбільш динамічний розвиток комерційного і промислового ринку Energy-as-a-Service очікується в Азійсько-Тихоокеанському регіоні і Північній Америці, на які припадатиме у 2026 р. відповідно майже 60% і 29,4% його глобальної капіталізації (рис. 2.7).

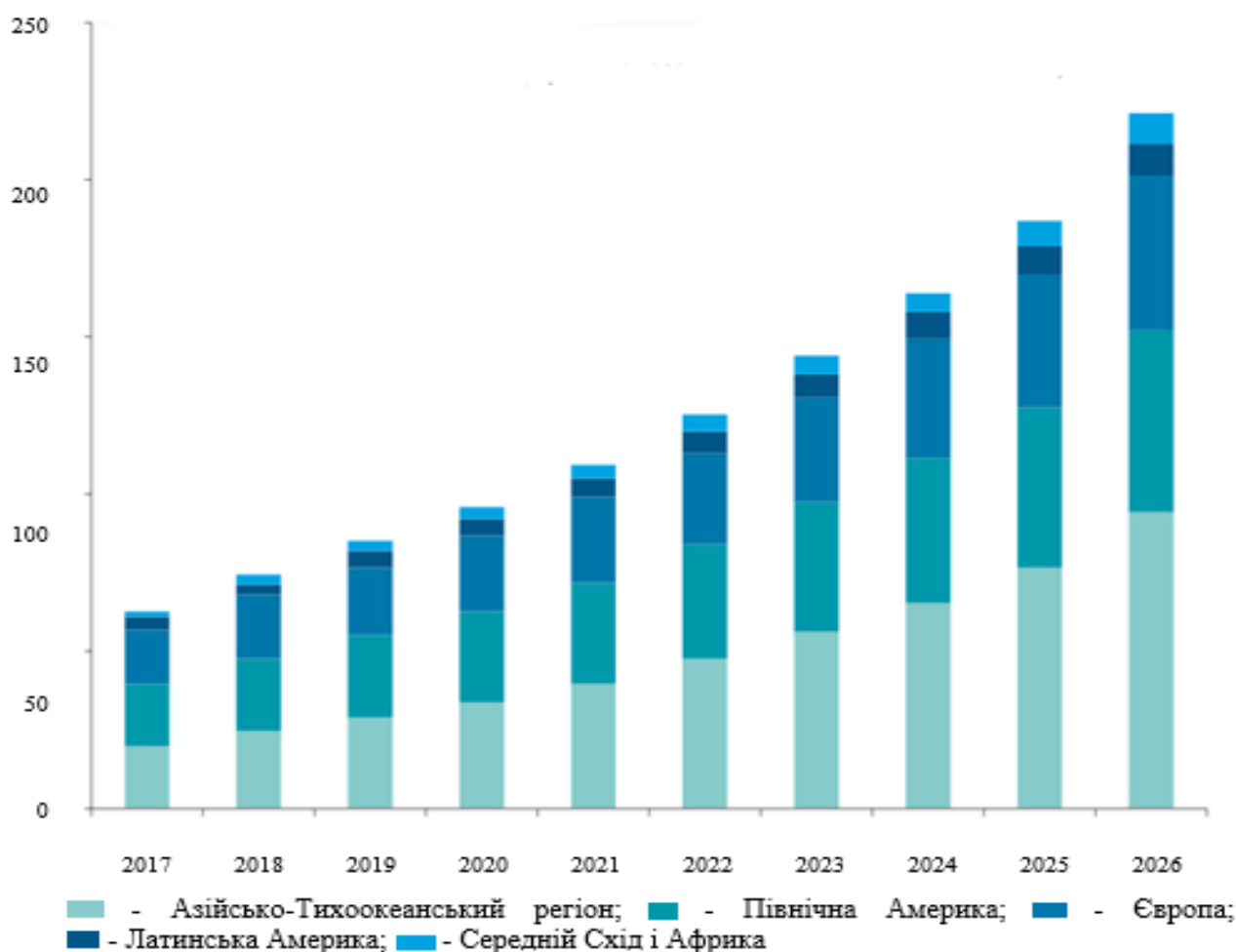


Рис. 2.7. Глобальна капіталізація комерційного і промислового ринку Energy-as-a-Service у 2017-2022 рр. з прогнозом до 2026 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [46, с. 12].

Royal Dutch Shell, BP, Chevron, ConocoPhillips. З 2007 р. даний список поповнився так званими «Сімома новими сестрами» з числа енергетичних фірм незахідних держав, а саме: Saudi Aramco (Саудівська Аравія), Gazprom (РФ), China National Petroleum Company (Китай), National Iranian Oil Company (Іран), Petroleos De Venezuela SA (Венесуела), Petrobras (Бразилія), Petronas (Малайзія).

Зазначені цифри свідчать про те, що регіональні енергетичні ринки АТР і Північної Америки демонструють нині найбільш повну адаптацію до енергетичних потреб кожного конкретного споживача. Це означає позбавлення його від необхідності постійного моніторингу технологічних розробок в енергосфері та вибору постачальників, котрі забезпечують проєктування, монтаж й сервісне обслуговування енергообладнання, а також надання широкого спектру послуг з управління продуктивністю.

Принагідно відзначимо, що подібного роду трансформаційні зміни енергетичних ринків повною мірою кореспондуються зі структурною динамікою споживчих потреб й економічних інтересів нового – Z-покоління світового населення. Його репрезентують молоді люди, котрі народились у період з 1996 р. до 2010 р., а відтак – дві третини вільного часу вони проводять в інтернеті та живуть у віртуальному світі. На найвищому рівні опанувавши комп'ютерні й діджитал-технології, Z-покоління має необмежені можливості щодо реалізації будь-яких видів економічної чи суспільної діяльності без необхідності долати при цьому транскордонних чи соціальних бар'єрів. Попри це, на відміну від усіх попередніх поколінь, Z-молодь має набагато нижчі споживчі потреби, а її матеріальний добробут вже не виконує роль головного мірила успішності людини у житті, демонструючи суттєве відставання від матеріального стану батьків.

Не випадково, Z-покоління вже сьогодні виявляє надзвичайно високу прихильність сталим й екологічно орієнтованим моделям споживання, беручи активну участь у розбудові екологічно чистого, комфортного й органічного життєвого простору. На підтвердження даної тези наведемо такі цифри: понад 40% Z-покоління в якості найбільшої глобальної проблеми називають зміни клімату, а 36% – забруднення навколишнього середовища [11, с. 11]. Біля 60% його представників, згідно соціологічних опитувань, вважають непотрібним купівлю особистого автомобіля, 50% – власного житла, 50% – споживчих товарів брендового сегменту. Окрім того, 75% молоді на постійній основі ведуть облік власних витрат і доходів, що дає усі підстави кваліфікувати її як найбільш ощадне покоління за всю історію людства.

З урахуванням же того факту, що найбільша кількість представників Z-покоління проживає нині в азійському мегареґіоні, то на рубежі 2040-2050-х років воно власне й визначатиме ключові моделі глобальної споживчої поведінки. Остання буде, на нашу думку, максимально зорієнтованою на подолання глобальних проблем кліматичних змін й екологічного забруднення. Тож системна діджиталізація енергосектору, транспарентність його функціонування, інтелектуальний контроль залучення енергетичних ресурсів у господарський обіг стане домінантою у розбудові у глобальних координатах відповідального, ощадного й екологічно дружнього енергоспоживання.

Наголосимо, що саме діджиталізація енергетичного сектору, відкриваючи необмежені технологічні можливості реалізації енергокомпаніями *бізнес-моделі «енергія як послуга»*, є матеріальною основою розбудови у глобальних координатах *клієнт-орієнтованих енергетичних систем*. Вони характеризуються не тільки широкими можливостями вибору споживачами постачальників енергопослуг (що характерно власне для усіх без виключення підсистем економіки цифрового типу), але й *фронтальною розбудовою систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні*. Красномовним підтвердженням потужної дії даного фундаментального тренду є, зокрема, дані, подані на рис. 2.8. Вони засвідчують, що лівова частка капіталізації глобального ринку цифрових технологій в енергетиці у період 2017-2025 рр. стабільно припадає на сегменти «розумних» електролічильників (21 млрд дол. США, або 38,2% сукупної капіталізації ринку енергетичних цифрових технологій у 2022 р.) та експлуатації й обслуговування теплоелектростанцій (15 млрд та 27,3% відповідно). Очікується, що на період до 2028 р. у 60% домогосподарств по усьому світу будуть встановлені розумні лічильники обліку споживання електроенергії [5]. Це стане потужною рушійною силою експоненціального генерування інформаційних даних з динамічним масштабуванням систем інтелектуального обліку тепло- й газоспоживання, а також формуванням державами і їх групами спільних енергосервісних просторів як основи «озеленення» сектору енергетики.

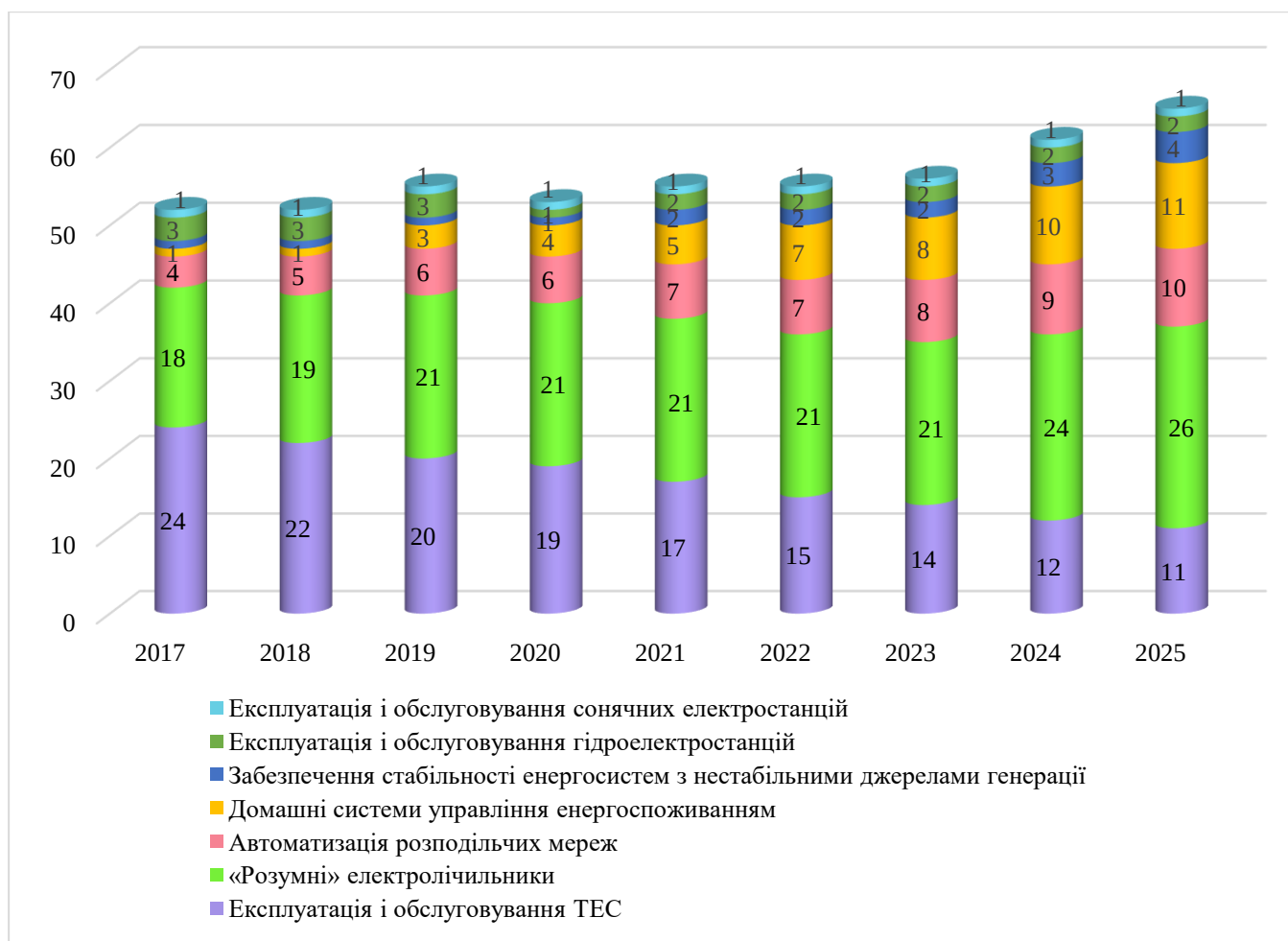


Рис. 2.8. Капіталізація глобального ринку цифрових технологій в енергетиці у 2017-2020 рр. з прогнозом до 2025 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [119].

Яскравий приклад дії даного тренду демонструють держави Європейського Союзу, котрі у рамках реалізації пакету законодавчих ініціатив під назвою «Чиста енергія для усіх європейців» (англ. – «*Clean Energy for All Europeans*») та імплементації Стратегічного плану з енергетичних технологій (англ. – *Strategic Energy Technology Plan*) відводять споживачам енергопродуктів центральне місце у функціонуванні регіонального енергетичного ринку. Йдеться насамперед про реалізацію комплексу заходів щодо стимулювання енергетичної активності громадян держав ЄС в частині їх цифрової інтеграції у децентралізовану енергосистему даного інтеграційного угруповання у статусі безпосередніх виробників чистої енергії, здатних оперативно змінювати свою енергетичну поведінку під впливом ринкових сигналів.

Цілком природно, що даний процес супроводжуватиметься *динамічною продуктово-видовою й інституційною структуризацією світових енергоринків, диверсифікацією їх суб'єктної структури, появою нових груп ринкових гравців*, включаючи і тих, що спеціалізуються на впровадженні у глобальні вартісні ланцюги інформаційних технологій і засобів мобільної комунікації. На особливу увагу тут заслуговують *технології блокчейну і розподілених реєстрів*, котрі за умов системної імплементації в операційні процеси компаній глобального енергетичного сектору докорінно модернізують чинні системи взаєморозрахунків, одночасно зменшуючи кількість збутових посередників практично за усіма ланками сформованих тут вартісних ланцюгів та знижуючи ціну енерготоварів для усіх груп кінцевих споживачів.

Оскільки однією з ключових умов ефективного використання інтелектуальних систем обліку електроспоживання є їх періодична модернізація, то найближчими роками, на превеликий жаль, так і не досяжною залишиться мета 100%-ного охоплення домогосподарств розумними лічильниками. І це при тому, що навіть у Сполучених Штатах Америки, згідно даних Управління енергетичної інформації цієї держави, у домогосподарствах з низькими доходами плата за комунальні послуги перевищує 20% їх сукупного річного доходу, що актуалізує питання щодо фронтального забезпечення американських сімей розумними системами обліку енергоспоживання [5].

Фундаментальні й всеохоплюючі процеси діджиталізації світового енергетичного сектору дедалі більшою мірою виявляються на рівні глобального фінансового сектору. Так, на сьогодні на кожну угоду з реальним постачанням товарів припадає до десятка розрахункових угод, які не можуть бути реалізовані без ефективно функціонуючих цифрових біржових платформ. Завдяки діджиталізації стала можливою реалізація на інституційному майданчику діджитал-платформ операцій хеджування ризиків енергокомпаній за допомогою таких термінових фінансових інструментів як-от: ф'ючерси, форварди, опціони і свопи. Більше того, системна цифровізація діяльності фізичних газових хабів (TTF, Henry Hub, NBP, CEGH ба ін.) забезпечила значне зниження трансакційних витрат

енергокомпаній з переведенням значної частини господарських трансакцій і ділових переговорів в онлайн-режим. Нарешті, інструменти впливу фінансового компонента діджиталізації світового енергетичного ринку на процеси його «озеленення» нерозривно пов'язані із залученням енергокомпаніями масштабного портфельного інвестування господарської діяльності способом випуску і розміщення на фондових ринках акційних й облігаційних інструментів. Цілком природно, що значна частина залученого фінансування спрямовується на реалізацію екологічних програм і проєктів.

Узагальнюючи вищенаведене, наголосимо на такому: починаючи з 1970-х років, основними рушійними силами системних процесів діджиталізації світового енергетичного сектору є динамічний науково-технічний прогрес та поява інноваційних видів техніки і технологій, котрі вимагають впровадження цифрових рішень на рівні усіх ланок сформованих в енергетиці глобальних вартісних ланцюгів. В сучасних умовах загострення екологічних і кліматичних проблем людства суспільне значення діджиталізації енергосектору суттєво зростає у зв'язку зі значним ускладненням його функціонування та зниженням рівня стійкості до дії внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Глобальні тренди технологічної і цифрової трансформації світового енергетичного сектору справляють потужний вплив на його структуризацію у відповідності до провідних трендів світогосподарського розвитку. Це актуалізує питання щодо максимальної адаптації діяльності енергокомпаній до цифрового середовища на основі удосконалення чинних бізнес-моделей та системної реструктуризації діючих бізнес-процесів у контексті підвищення конкурентних позицій фірм на глобальному ринку та створення нової цінності для споживачів. За таких умов спостерігається активний перехід енергетичних компаній від моделі екстенсивного зростання власного бізнесу на основі диверсифікації географічної структури продажів енерготоварів та нарощування доходів до якісно нової бізнес-моделі, базованій на пропонуванні споживачам нової цінності. Одночасно дедалі більшою мірою викристалізовується тренд трансформаційних змін енергокомпаній від пануючих у доцифрову епоху традиційно організованих, вертикально-

інтегрованих й ієрархічно керованих великих корпорацій до мережевих форматів організації бізнес-діяльності з територіально розподіленими енергетичними потужностями та значною кількістю невеликих за розміром локальних виробників енерготоварів. Закономірним результатом подібного роду змін є суттєве підвищення ефективності управ, Зліня енергосистемами на основі оброблення великих масивів інформаційних даних, широкого застосування технологій штучного інтелекту, цифрових двійників, хмарних обчислень тощо.

2.2. Авангардна роль зеленої енергетики у сталій моделі глобального енергоспоживання

Пануюча упродовж останніх двохсот п'ятдесяти років індустріальна модель розвитку міжнародної економічної системи не тільки призвела до утвердження у відтворювальних процесах вищою мірою марнотратного підходу щодо залучення енергетичних ресурсів у світовий економічний обіг, але й спричинила значне загострення глобальної екологічної проблеми. Остання, відбиваючи усі «вузли» нагромаджених за тривалий історичний період часу суперечностей по лінії природа – суспільство, стала по суті закономірним результатом динамічного розвитку людської цивілізації, стрімкого зростання світового населення, посилення антропогенного навантаження на довкілля та значного погіршення його екологічних параметрів. Звернімось до цифр: у той час як у 1800 р. кумулятивний світовий обсяг споживання енергії становив близько 5650 ТВт / год у рік, то всього за двісті з лишнім років даний показник збільшився у понад тридцять років, досягнувши у 2021 р. відмітки у майже 160 тис ТВт / год [67]. При цьому у період 1990-2021 рр. загальний обсяг енергоспоживання збільшився у Європі з 1780 до 1787 мегатон нафтового еквівалента, у Північній Америці – з 2121 до 2412, Латинській Америці – з 462 до 805, Азії – з 2086 до 6310, Африці – з 375 до 874, а Середнього Сходу – з 223 до 760 мегатон відповідно (рис. 2.9), що засвідчує суттєве пом'якшення існуючих у доглобалізаційний період міжрегіональних асиметрій у доступі до світової енергетичних ресурсів. З урахуванням же середньорічних

темпів приросту чисельності світового населення та його енергетичних потреб (котрі на 85% забезпечуються нині споживанням первинних вуглеводнів) можна зробити висновок про їх стрімке вичерпування упродовж кількох наступних десятиліть.

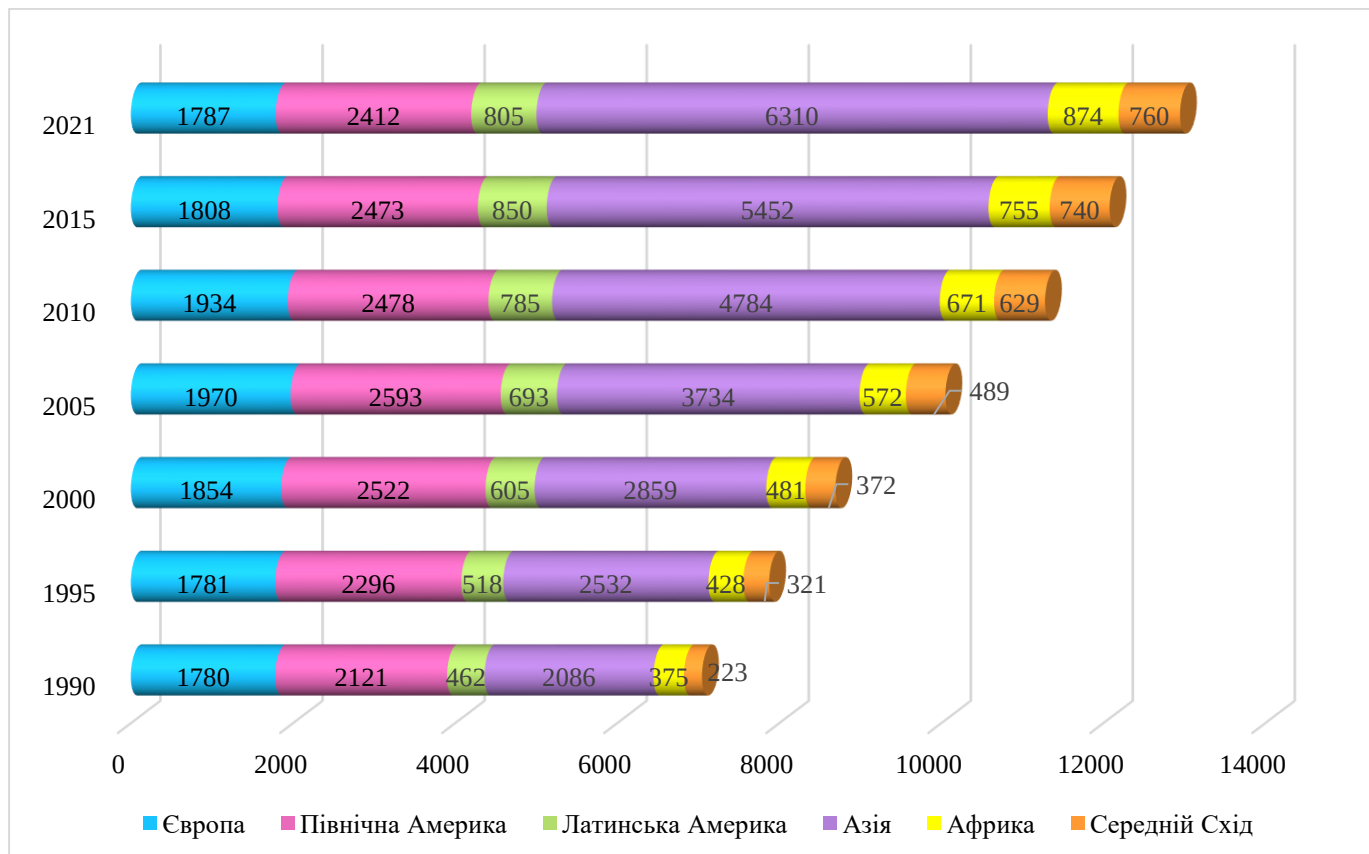


Рис. 2.9. Динаміка споживання енергоресурсів за окремими регіонами у 1990-2021 рр., мегатон нафтового еквівалента

Джерело: побудовано авторкою за даними [181].

Тож на тлі значного загострення глобальної екологічної проблеми перехід світового співтовариства до реалізації з початку 1980-х років моделі сталого розвитку супроводжується включенням в орбіту даного фундаментального процесу глобального енергетичного комплексу. Наголосимо, що його поступове переведення на зелені «рейки» аж ніяк не означає просте витіснення традиційних паливно-вуглеводневих джерел енергозабезпечення відтворювальних процесів. Даний процес передбачає глибоку структурну трансформацію енергетичного базису світового господарства у бік підвищення енергоефективності та розбудови

енерговідтворювальної системи глобального типу з невичерпними у масштабах людської цивілізації природними ресурсами в якості її ядра.

Переконливим свідченням поступового набирання зеленою енергетикою «обертів» у системі світового енергозабезпечення є, зокрема, той факт, що навіть викликане пандемією Covid – 19 певне зменшення обсягів споживання вуглеводневої паливної сировини та втрата робочих місць у нафтогазовій промисловості (у США на 99 тис, а у Великобританії – на 30 тис [154, с. 9]) не змогло знівелювати дію глобального тренду неухильного нарощування частки відновлювальних енергоджерел у світовому електроенергетичному балансі. Так, на кінець 2020 р. вона становила майже 30%, а світовий приріст обсягу енергії, виробленої за рахунок відновлювальних джерел – 256 ГВт, що на третину перевищує відповідний показник 2019 р. [74]. Більше того, зелена енергетика, як свідчить сучасна міжнародна практика, залишається чи не єдиним структурним сегментом світового енергосектору, який демонструє стабільні й незалежні від циклічності макроекономічного зростання країн і регіонів темпи приросту, задовольняючи кінцевий споживчий попит на енергію у будівництві, промисловому і транспортному секторах. Зокрема, тільки упродовж 2009-2019 рр. глобальний попит на відновлювальні джерела енергії зріс на 15,1 ексаджоулів (зі щорічним темпом приросту на рівні 4,4%), а їх загальне кінцеве споживання – на 60,9 ексаджоулів (1,8% відповідно). Таким чином, за вказаний період на відновлювальну енергію припало 25% загальносвітового зростання енергопопиту [74].

В останні двадцять років усі ми є свідками *розгортання цілої низки глобальних трендів розвитку зеленого сегменту світового енергетичного комплексу*, котрі підтверджують його поліструктурний характер, системну інституціоналізацію та фундаментальний вплив на процеси енергетичної трансформації у глобальній парадигмі сталого розвитку. Насамперед слід відзначити *динамічне нарощування кумулятивної потужності електростанцій*, котрі працюють на зелених джерелах енергії. Зокрема, встановлена потужність сонячних електростанцій досягла у 2020р. майже 714 ГВт, що майже удесятеро перевищує відповідний показник

2011р. [145, с. 20]. Своєю чергою, потужність світової відновлювальної енергетики, включаючи гідроджерела, зросла у період 2008-2019 рр. з 1150 [49] до 2799 ГВт [145, с. 2], з яких майже половину становить нині велика гідроенергетика (рис. 2.10).

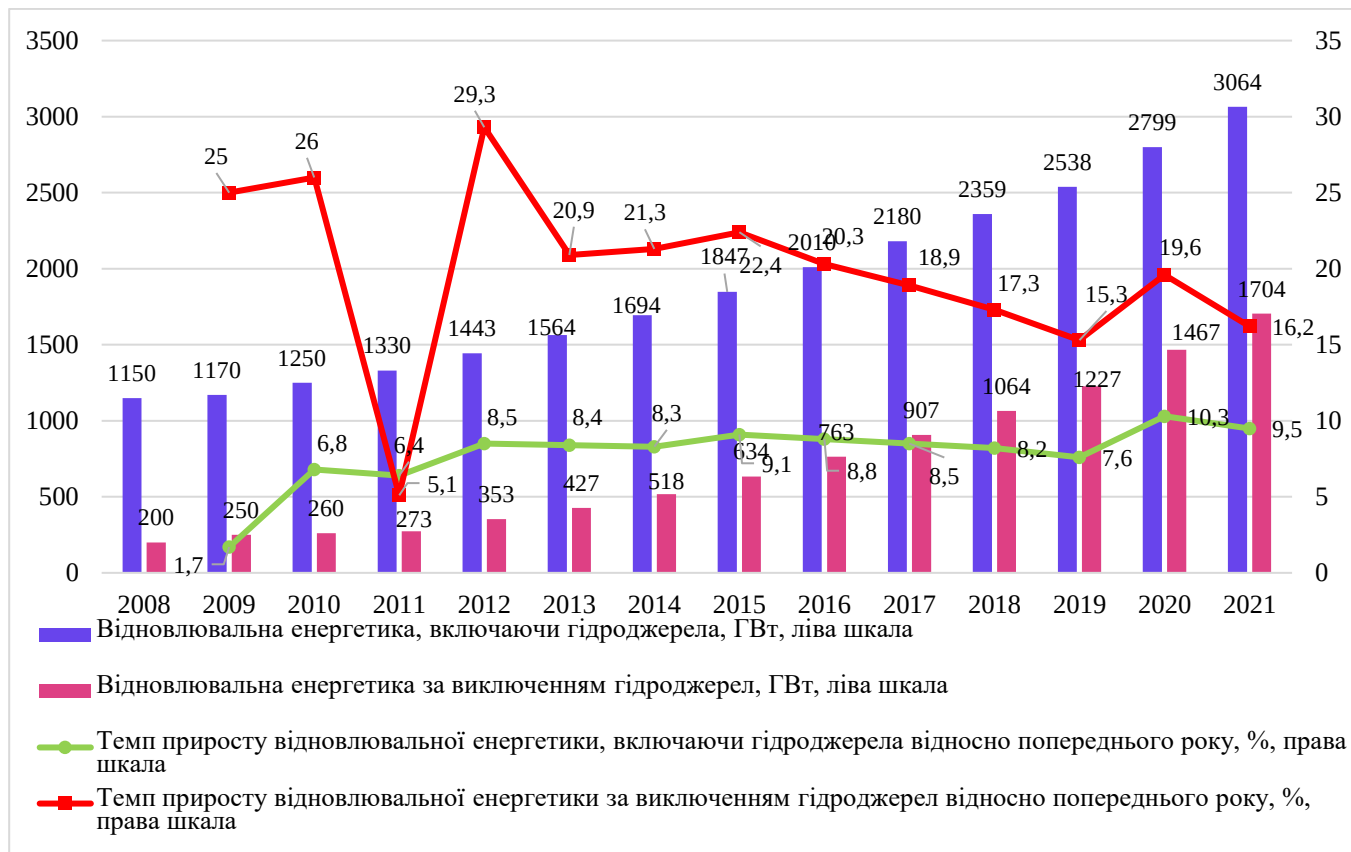


Рис. 2.10. Динаміка глобальної потужності відновлювальної енергетики у 2008-2021 рр., ГВт і % відносно попереднього року

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними: [49; 145, с. 2, 5; 146, с. 2, 5].

Якщо говорити про *регіональні виміри розвитку зеленої енергетики*, то тільки у країнах Європи упродовж 2009-2021 рр. загальна встановлена потужність вітрової електроенергетики зросла з 77 до 236 ГВт, у тому числі наземних вітрових установок (оншорної вітроенергетики) – з 75 до 207 ГВт, а морських (офшорної вітроенергетики) – з 2 до 28 ГВт відповідно (рис. 2.11). Відзначимо також, що тільки у 2021 р. у Великобританії було введено потужностей вітроенергетики в обсязі 2645 ГВт, Швеції – 2104 ГВт, Німеччині – 1925 ГВт, Туреччині – 1400 ГВт,

Нідерландах – 1344 ГВт ГВт, Франції – 1192 ГВт, Данії – 754 ГВт, Іспанії – 750 ГВт, Норвегії – 676 ГВт, Фінляндії – 671 ГВт, Польщі – 660 ГВт [195, с. 7].

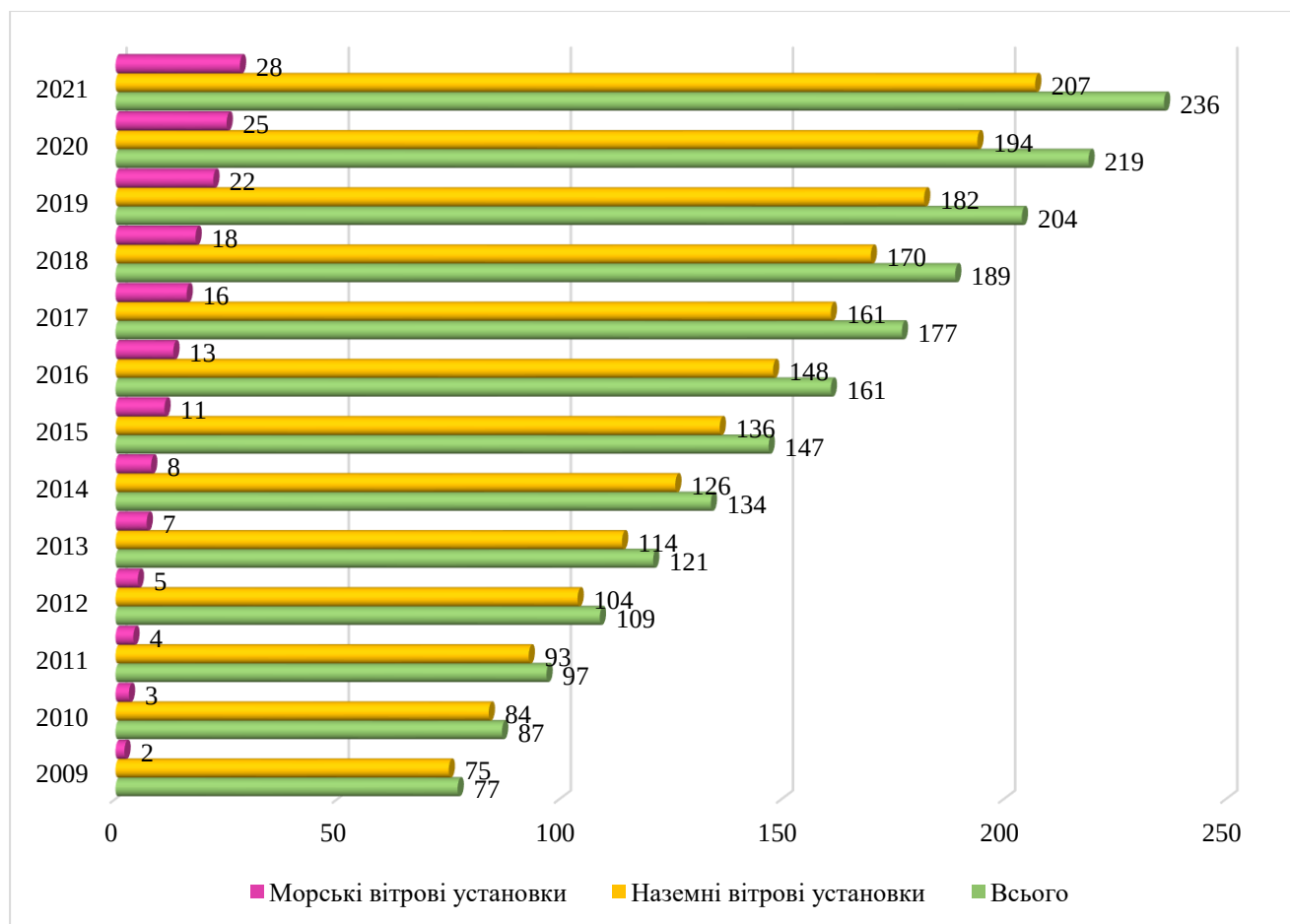


Рис. 2.11. Кумулятивна встановлена потужність вітрової енергетики у країнах Європи у період 2009-2021 рр., ГВт

Джерело: побудовано авторкою за даними [196, с. 14; 195, с. 16].

Ці ж самі держави лідирують і за часткою вітрової енергії у покритті власних середньорічних потреб в електроенергії. Достатньо сказати, що на сьогодні вона становить 44% у Данії, 31% в Ірландії, 26% у Португалії, 24% в Іспанії, 23% у Німеччині, 22% у Великобританії, 19% у Швеції, 18% у Греції та 15% у Нідерландах (рис. 2.12). Загалом же у Європі у 2021 р. було встановлено 17 ГВт нових вітроенергетичних потужностей (з яких 11 ГВт припадає на держави-члени Європейського Союзу), володіючи загальною вітровою потужністю на рівні 236 ГВт [195, с. 7]. Що ж стосується північноамериканського регіону, то станом на тепер в одних лише Сполучених Штатах Америки, згідно даних Національної лабораторії відновлювальної енергетики цієї держави (*англ.* – *National Renewable*

Energy Laboratory), близько 3,2 млрд квадратних футів площі на дахах будинків придатні для генерування сонячної енергії. Це є цілком достатнім для задоволення 14% загального обсягу електроенергетичного попиту США при тому, що сонячну електроенергію можна також придбати у країні за значно нижчими цінами на контрактних умовах у сторонніх спеціалізованих суб'єктів, а будь-які її надлишки – перепродати на відкритому ринку [59].

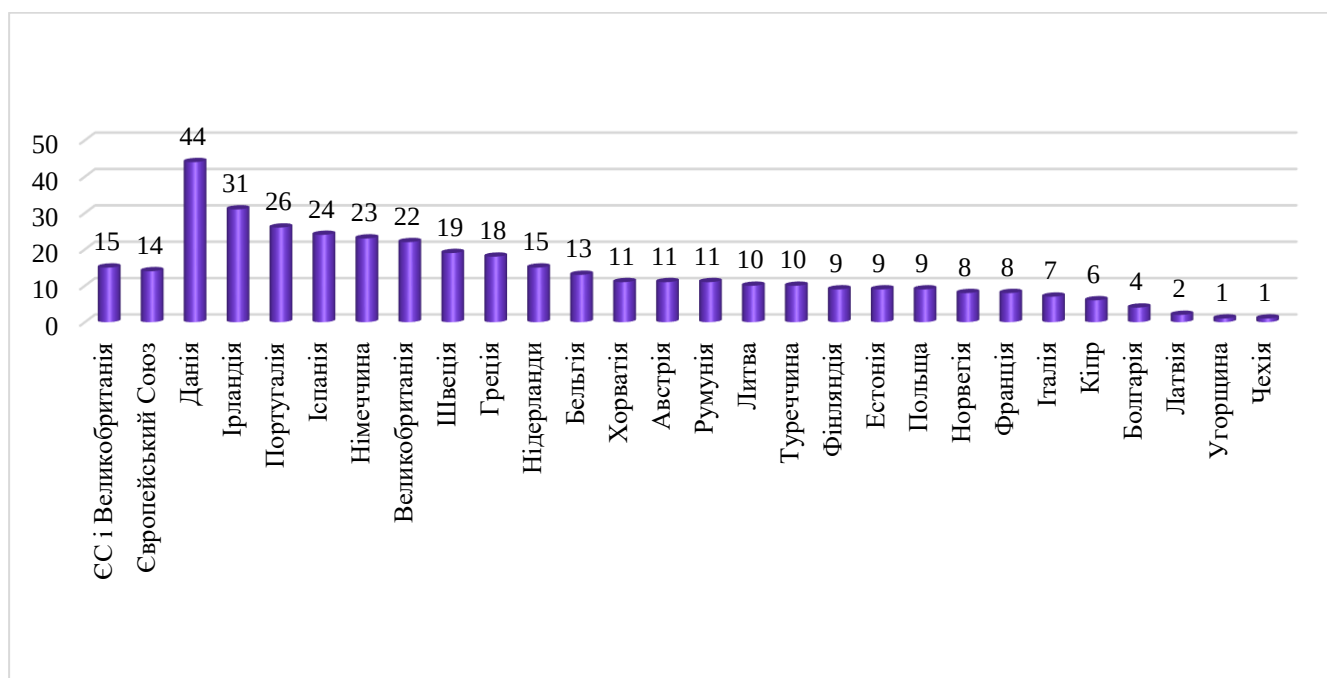


Рис. 2.12. Середньорічна потреба в електроенергії, яка покривається за рахунок вітрогенерації, за окремими країнами у 2021 р., %

Джерело: побудовано авторкою за даними [195, с. 20].

Зазначимо також, що саме на території США локалізовані нині штаб-квартири таких «левіафанів» світової індустрії зеленої енергетики як: Nextera Energy, Plug Power, Brookfield Renewable, Ormat Technologies, Bloom Energy та багатьох інших корпорацій. Їх великомасштабна діяльність та всебічна організаційно-економічна, інвестиційно-фінансова і податкова підтримка з боку держави в рамках «Плану революції у сфері чистої енергії та екологічної справедливості Дж. Байдена» (*англ. – The Biden Plan for a Clean Energy Revolution and Environmental Justice*)⁷ дають їм

⁷ Примітка.

Стратегічні цілі реалізації «Плану революції у сфері чистої енергії та екологічної справедливості Дж. Байдена» пов'язані з переходом економіки США до 2050 р. на 100%-не застосування чистої енергії та досягнення вуглецевої нейтральності. Їх досягнення передбачає безпрецедентні за масштабами інвестиційні капіталовкладення у розвиток відновлювальної енергетики, вартісний обсяг яких має становити понад 5 трлн дол. США. Вже у кінці 2021 р.

широкі можливості щодо формування глобальних правил і стандартів функціонування зеленого сегменту світового енергетичного комплексу. Так, загальний обсяг запланованих у США на 2023 фінансовий рік сталих інвестиційних капіталовкладень в енергетичний сектор становить 44,9 млрд дол. США. З них 15 млрд буде спрямовано на дискреційне фінансування інновацій у сфері чистої енергетики та інфраструктури (програм подолання кліматичної кризи, розроблення кліматичних та чистих енергетичних технологій, розвиток низьковуглецевої транспортної системи і різного роду промислових рішень); 5 млрд – на програми гарантування позик на розроблення інноваційних енергетичних технологій; 1 млрд – на фінансування програм виробництва чистої енергії та розбудову сталих ланцюгів постачання кліматичного й екологічно чистого енергетичного обладнання; 900 млн – на підвищення енергоефективності житлових об’єктів; 745 млн – на розвиток транспортних засобів з нульовим рівнем викидів; 291 млн – на програми розширення використання чистої енергії на державних землях і у морських водах та ін. [133].

Окрім зазначених вище американських корпорацій активними суб’єктами глобальної індустрії зеленої енергетики є й компанії інших держав: Adani Green Energy (Індія), Vestas Wind System (Данія), EDP Renovaveis (Іспанія), Trina Solar (Китай), SolarEdge (Ізраїль), Hanwha Solutions (Респ. Корея), Northland Power (Канада) та ін., котрі також досягли на сьогодні доволі високого рівня ринкової капіталізації. Загалом же, як показують наведені у додатку Е дані, ринкова капіталізація топ-20 найбільших глобальних операторів зеленої енергетики становила на кінець 2022 р. майже 432 млрд дол. США, їх загальні активи – 367,9 млрд; загальний дохід, отриманий корпораціями за підсумками 2022 р. – 103,8 млрд, а чистий прибуток – 17 млрд. Це свідчить про *динамічні процеси корпоратизації зеленого енергетичного сектору та його перетворення на привабливий об’єкт нагромадження глобального капіталу*.

Конгресом Сполучених Штатів Америки було ухвалено загальнонаціональний план розвитку інфраструктури загальним кошторисом в 1 трлн дол. США, який передбачає спрямування значної частки фінансування на розбудову відновлювального сегменту американського енергетичного сектору [The Biden Plan for a Clean Energy Revolution and Environmental Justice. Biden Harris. URL: <https://joebiden.com/climate-plan/#> <https://joebiden.com/climate-plan/#>].

Наступною тенденцією, яка свідчить про динамічне «озеленення» світового енергетичного сектору, є неухильне нарощування *капіталізації глобального ринку відновлювальної енергетики*. Звернімось до цифр: у період 2000-2017 рр. вона зросла з 6,6 [127, с. 3] до 928,1 млрд дол. США з перспективним трендом виходу на рівень понад 1,5 трлн дол. до 2025 р. [169].

За прогностичними ж оцінками авторитетних міжнародних експертів, до 2050 р. за рахунок паливної енергосировини у світі вироблятиметься не більше 29% електроенергії (порівняно з нинішніми 63%), а питома частка загальної нульової вуглецевої електроенергії досягне «рекордної» відмітки у 71%. Тут варто наголосити, що досягнення зазначених показників стане можливим насамперед завдяки суттєвому зниженню сукупних витрат на будівництво вітрових і фотоелектричних електростанцій відповідно на 58% і 71%. Вже сьогодні їх будівництво є значно дешевшим порівняно з будівництвом великих вугільних і газових заводів [176, с. 7], що відкриває величезні перспективи розвитку даних видів електрогенерації.

З міжнародної господарської практики ми знаємо, що досягнутий на сьогодні рівень розвитку зеленого сегменту глобального енергозабезпечення значною мірою забезпечений *довгостроковим й неухильним нарощуванням інвестиційних капіталовкладень у розвиток низьковуглецевої енергетики*. Це є ще одним вагомим трендом, який підтверджує високу динаміку «озеленення» світового енергетичного сектору. Так, упродовж 2004-2021 рр. їх щорічний вартісний обсяг зріс з 32 до 755 млрд дол. США (рис. 2.13).

Подібного роду інвестиційні капіталовкладення, що включають інвестиції у розвиток сталих матеріалів, систем уловлювання і зберігання вуглецю, водневої і ядерної енергетики, електричної теплогенерації й електрифікованого транспорту, а також зберігання енергії і відновлювальної енергетики, розподіляються доволі нерівномірно за секторами капіталовкладень. Зокрема, у 2021 р. найбільші обсяги інвестицій припали на фінансування програм і проєктів у сфері відновлювальної енергетики (366 млрд дол. США, або 48,5% загального підсумку), електрифікованого транспорту (273 млрд, 36,2%), електричної теплогенерації (53 млрд, 7,0%) та атомної енергетики (31 млрд, 4,1% відповідно) [45, с. 1].

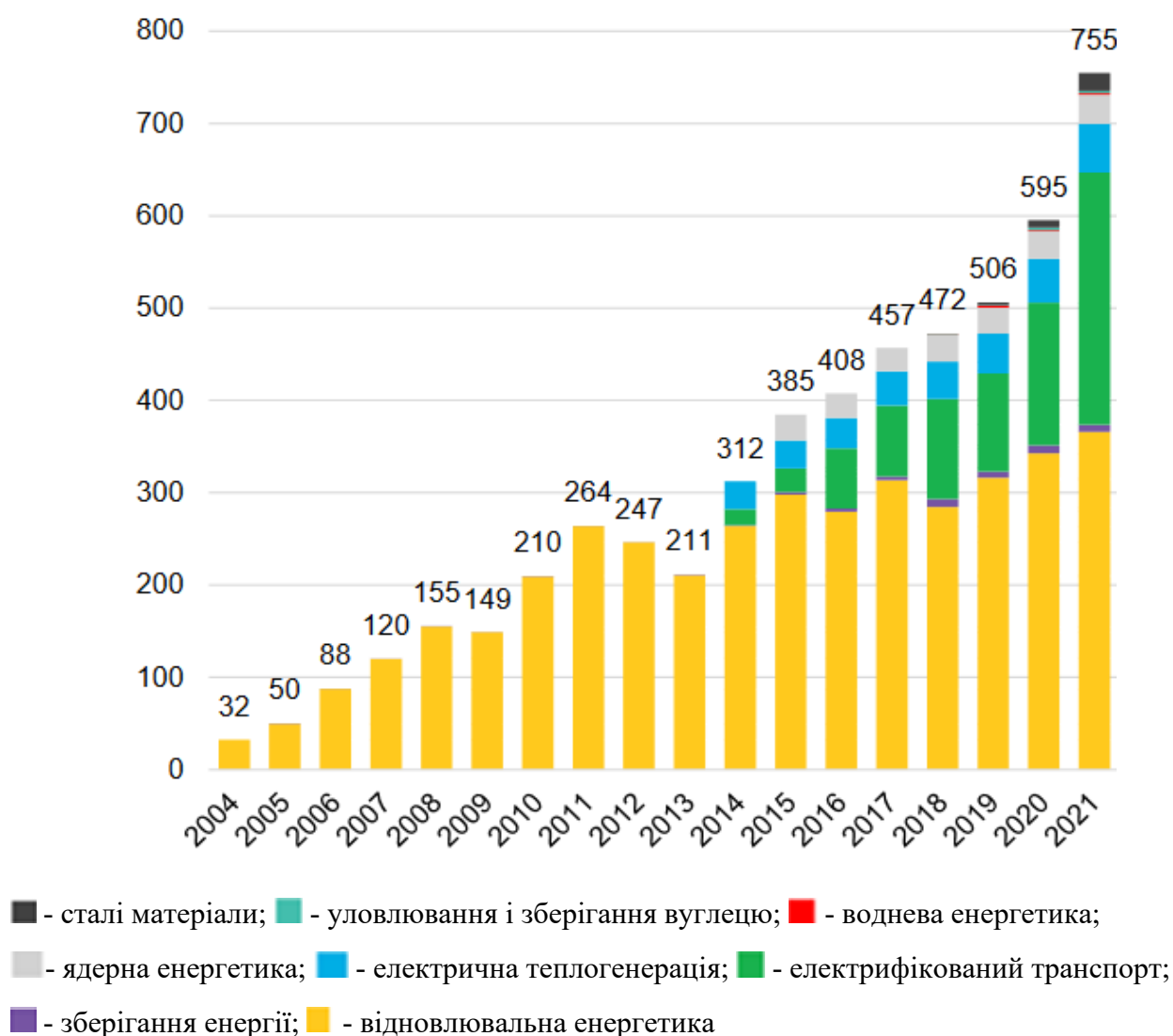


Рис. 2.13. Глобальний обсяг інвестиційних капіталовкладень у розвиток низьковуглецевої енергетики у період 2004-2021 рр., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [45, с. 6].

Важливо зазначити, що домінування відновлювального сегменту у секторальній структурі інвестування низьковуглецевої енергетики є цілком закономірним з урахуванням його провідної ролі як у досягненні Цілі 7 ухвалених на Саміті ООН «Цілей сталого розвитку» на період до 2030 р., так і пом'якшенні негативного впливу глобальних мегатрендів урбанізації і кліматичних змін на світогосподарську динаміку, а також підвищенні людського добробуту і соціальної справедливості за одночасного зниження екологічних ризиків й екологічного дефіциту. Як показують дані, наведені у додатку Ж, домінуючим в інвестуванні відновлювальної енергетики є капіталовкладення у розвиток вітрової (142,7 млрд

дол. США і 47,3% загального підсумку у 2019 р.) і сонячної електрогенерації (141 млрд і 46,7%), а також енергетики біомаси (11,2 млрд і 3,7% відповідно).

Натомість на украї низькому рівні дотепер залишаються інвестиції у біопаливну енергетику (3 млрд і 1%), енергетику малих гідроелектростанцій (2,5 млрд і 0,8%), геотермальну (1,2 млрд, 0,4%) та енергетику морських припливів і відпливів (0,2 млрд і 0,1% відповідно). Характеризуючи процеси інвестування відновлювальної енергетики, не можемо не відзначити збереження *доволі значних міжрегіональних асиметрій у їх географічній структурі*, коли на один лише Китай в останні роки стабільно припадає близько третини (29,9% у 2019 р.) глобальних інвестицій у даний сектор, що становило в абсолютних показниках у звітному році 90,1 млрд дол. США (для порівняння: у 2004 р. – 3 млрд).

Натомість обсяги інвестування відновлювальної енергетики у Європі зросли у період 2004-2019 рр. з 23,3 до 58,4 млрд дол. США (19,4% сукупних інвестицій у 2019 р.); Середньому Сході і Африці – з 0,6 до 15,4 млрд (5,1%); у регіоні АСЕАН (за виключенням Китаю і Індії) – з 6,7 до 48,2 млрд (15,9%); а у Північній, Центральній і Південній Америці (за виключенням США і Бразилії) – з 1,7 до 12,8 млрд (4,2% відповідно) (табл. 2.5). Загалом же, вже найближчими роками очікується триразове збільшення вартісних обсягів інвестицій у відновлювальну енергетику з тим, щоб на період до 2050 р. досягнути нульових викидів парникових газів [45, с. 1].

Наголосимо, що зазначені вище цифри, як власне і їх міжсекторальний розподіл, не враховують масштабні інвестиційні капіталовкладення, що їх здійснюють *кліматичні технологічні компанії*. Так, тільки у 2021 р. вони сукупно акумулювали близько 165 млрд дол. США акціонерного інвестиційного капіталу на основі публічного розміщення акцій, зворотних ЗіП через спеціалізовані компанії цільового поглинання⁸ (*англ. – Special-purpose acquisition company –*

⁸ Примітка.

До групи спеціалізованих компаній цільового поглинання належать фірми, засновані для злиття з іншими приватними компаніями, котрі мають наміри вийти на фондові майданчики в обхід процедур IPO. Завдяки цьому спеціалізовані компанії цільового поглинання дають змогу роздрібним інвесторам здійснювати операції прямого інвестування перспективних проєктів у сфері низьковуглецевої енергетики, у тому числі з використанням позичкового капіталу.

SPAC), а також залучення приватних і державних інвестицій [45, с. 1]. Зазначені кошти, як очікується, буде використано у майбутньому для *нарощування капіталізації кліматичних технологічних компаній та диверсифікації здійснюваної ними науково-технічної й інноваційної діяльності.*

Тож з урахуванням внеску кліматичних технологічних компаній у розвиток низьковуглецевої енергетики сукупні інвестиційні капіталовкладення в енергетичний перехід досягнули у 2021 р. відмітки у 920 млрд дол. США [45, с. 3]. Попри певну невизначеність глобальних мегатрендів розвитку енергетичного сектору, експерти BloombergNEF оцінюють вартісні обсяги інвестиційних капіталовкладень у розвиток систем енергопостачання й інфраструктури на рівні від 92 до 173 трлн дол. США у наступні тридцять років (до 2050 р.). Досягнення цієї відмітки передбачає подвоєння щорічних інвестицій в енергетичний перехід з приблизно 1,7 трлн дол. США станом на тепер до 3,1 – 5,8 трлн дол. у рік упродовж наступних трьох десятиліть [122].

Важливою тенденцією сучасної структурної динаміки зеленої енергетики, яка підтверджує її фундаментальний вплив на енергетичну трансформацію глобального економічного розвитку, є *домінування у джерелах її фінансування механізмів інвестування активів.* Тільки у період 2004-2019 рр. їх річний вартісний обсяг збільшився з 32,1 до 230,1 млрд дол. США, тоді як кошти невеликих розподільчих потужностей зросли з 8 до 52,1 млрд відповідно (додаток Ж). Як бачимо, частка інвестування активів стабільно перевищує за вказаний період відмітку у 80% інвестиційного капіталу, вкладеного у відновлювальну енергетику, що свідчить про *домінування у сучасних мотиваціях інвестування відновлювальної енергетики господарських операцій щодо купівлі основних виробничих фондів та нематеріальних активів, а також корпоративних прав і цінних паперів в обмін на грошові ресурси чи матеріальні активи.*

При цьому слід враховувати *переважання у механізмах фінансування активів способу так званого балансового інвестування комунальних підприємств та енергетичних компаній без права регресу через компанії спеціального призначення.* На даний інструмент у період 2004-2019 рр. стабільно припадає від 60 до 70%

загальних обсягів фінансування активів зеленої енергетики (рис. 2.14). Це обумовлено такими найважливішими його конкурентними перевагами як: простота реалізації подібного роду проєктів зеленої енергетики, широкі можливості їх рефінансування, а також залучення компаніями при їх впровадженні будь-якого виду боргового фінансування для оплати будівництва енергогенеруючих потужностей.



Рис. 2.14. Динаміка вартісного обсягу інвестицій у формі фінансування активів у відновлювальну енергетику у 2004-2019 рр., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [77, с. 35].

Як показують дані, наведені у додатку 3, найбільшими угодами у сфері фінансування активів у відновлювальній енергетиці стали у 2019 р. проєкти Al Maktoum IV tower and parabolic trough plant (загальним кошторисом 3,9 млрд дол. США), EDF and ESD Neart na Gaoithe (3,4 млрд), Wpd and Starwind Yunlin (3 млрд), Orsted Greater Changhua Portfolio (2,7 млрд), EDF Enbridge Saint Nazaire (2,5 млрд),

Swancor & Macquarie Formosa II Miaoli (2 млрд) та ін. Загальна ж кошторисна вартість 14 найбільших проєктів фінансування активів у відновлювальній енергетиці становила у 2019 р. 26,4 млрд дол. США, завдяки яким було створено 7,6 ГВт нових енергогенеруючих потужностей.

Сучасні тенденції системної інноватизації глобальної економічної системи, справляючи потужний вплив на структурну динаміку технологічно містких і традиційних її секторів, дедалі більшою мірою втягують у свій «вир» зелений сегмент світового енергетичного сектору. Кількісні і якісні параметри його функціонування вирішальною мірою детермінуються *динамічним розвитком зелених енергетичних інновацій, участю енергетичних компаній у їх генеруванні та транскордонному трансфері, а також включенням екоінноваційних енергокомпаній до глобальних інноваційних мереж*. У такий спосіб у світових координатах формуються нині потужні ефекти спіловеру знань і зелених енергетичних технологій (*англ. – spillover effect*) та ефекти витіснення (*англ. – crowding-out effect*) [22] насамперед на основі купівлі компаніями філіалів за кордоном та отримання доступу до зарубіжних інновацій і ринків праці у країнах-реципієнтах.

Вважаємо, що ключовим фактором, котрий визначає темпи і провідні мегатренди інноватизації зеленого сегменту глобального енергетичного сектору, є значне зниження собівартості відновлювальних енергоджерел, необхідних для їх масової комерціалізації. Зокрема, у період 1977-2015 рр. ціни на кремнієві сонячні елементи зменшились у понад 250 разів (з 76 до 0,3 дол. США за 1 Вт) [134], що стало потужним драйвером розвитку глобальної системи зеленої енергетики.

Репрезентуючи один з найбільш складних видів технологічних інновацій та посідаючи особливе місце у системі сучасних виробничих технологій, зелені енергетичні інновації охоплюють доволі велику кількість ДіР у сфері зменшення системних трансакційних витрат бізнес-діяльності, комбінування різних видів енергоджерел, відновлювальної і водневої енергетики тощо. При цьому багато з них справляють відчутний взаємний вплив одна на одну, породжуючи потужні мультиплікаційні ефекти глобального інноваційного розвитку та формуючи

високий ринковий попит на продукцію і послуги тих секторів світової економіки, котрі необхідні при реалізації інноваційних проєктів у сфері зеленої енергетики.

Наприклад, станом на тепер одним з найактуальніших напрямів реалізації енергетичних ДіР є технологія «Power-to-gas», котра базується на використанні зеленої енергії для отримання водню з його подальшою подачею у газотранспортну систему. У 2017 р. тринадцять глобальних гравців енергетичного, транспортного і промислового секторів (ENGIE, Shell, Total, Alstom, Linde Group, Toyota, BMW GROUP, Daimler, Honda, Hyundai Motor, Kawasaki, Air Liquide, Anglo American) на Всесвітньому економічному форумі в Давосі заснували Водневу раду (*англ. – Hydrogen Council*) з метою нарощування інвестиційних капіталовкладень у даний напрям зеленої енергетики. Нині членами даної ради є близько 150 багатонаціональних підприємств [58], котрі репрезентують усі ланки глобального вартісного ланцюга виробництва водню. Завдяки ж діяльності зазначеної інституції інвестиції у водневу енергетику досягли у 2020 р. 1,5 млрд дол. США (у тому числі 592 млн – у розроблення пасажирських автомобілів на паливних елементах, 400 млн – автобусів на паливних елементах, 272 млн – у заправні станції, 189 млн – в електролізні технології, 47 млн – у розроблення комерційних автомобілів на паливних елементах) [88].

У характеристиці процесів інноватизації зеленої енергетики важливо також зазначити *українську незначну роль у сучасних процесах її фінансування венчурних інвестицій та інвестицій, залучених з відкритих ринків капіталу, а також державних і приватних коштів, виділених на ДіР зеленого енергетичного сектору.* Їх частка, як випливає з даних табл. 2.5, не перевищувала у період 2004-2019 рр. 5% загального обсягу інвестування зеленої енергетики⁹. Це свідчить про українські обережні підходи економічних суб'єктів (особливо великих бізнес-структур) щодо фінансування зелених енергетичних технологій з огляду як на непередбачуваність економічного ефекту їх комерціалізації, так і переважній орієнтації корпоративних

⁹ Примітка.

Розраховано авторкою за даними табл. 2.6.

інноваційних стратегій на максимізацію прибутків та обсягів привласненої глобальної технологічної ренти.

Зауважимо, що дотепер на тлі щорічного нарощування обсягів інвестиційних капіталовкладень у зелену енергетику *спостерігається збереження масштабного інвестування нафтогазової енергетики*. Так, згідно оцінок фахівців BloombergNEF, на період до 2050 р. загальний обсяг інвестицій у постачання викопних видів палива досягне 15,5 трлн дол. США, у якому домінуватиме нафтовий сектор (10,3 трлн) [185] в силу збереження доволі високого рівня глобального попиту на даний ресурс та неможливості його суттєвого зниження у коротко- і середньостроковому періоді.

І це без урахування 372 млрд дол. США субсидій, що їх щорічно отримує глобальна індустрія викопної енергетики (для порівняння: відповідний показник для відновлювальної енергетики не перевищує 100 млрд [18, с. 2]) та виділення з початку пандемії Covid – 19 урядами країн «Великої двадцятки» 52% загального державного фінансування енергетичного сектору (222 млрд дол. США) на підтримку викопної енергетики та лише 3% – чистої енергетики [42]. Наголосимо, що зазначена сума субсидування викопної енергетики охоплює лише явні субсидії, котрі відбивають зниження витрат на енергопостачання і не перевищують 8% їх реальної суми. З урахуванням же заниження екологічних витрат і податків на втрачене споживання (неявні субсидії) загальний обсяг субсидування викопної енергетики становив у 2020 р. 5,9 трлн дол. США, або 6,8% світового ВВП. На період до 2025 р. очікується збільшення цієї суми до 7,4% глобального валового внутрішнього продукту до 2025 р. (рис. 2.15) з причин постійного зростання частки споживання палива на ринках, що розвиваються [57]. Тож якщо дана тенденція не буде «зломлена» і державне субсидування нафтогазової промисловості триватиме і надалі, то досягнення стратегічних цілей Паризької кліматичної угоди виглядають доволі ілюзорними.

Якісно новою тенденцією, яка з усією очевидністю викристалізувалась у структурній динаміці зеленої енергетики в останні десятиліття та засвідчує глибокі якісні трансформації енергетичного базису світового господарства, є її *масштабна*

глобальна корпоратизація з активним нарощуванням інвестиційних капіталовкладень великих нафтогазових корпорацій у даний сегмент енергосектору.

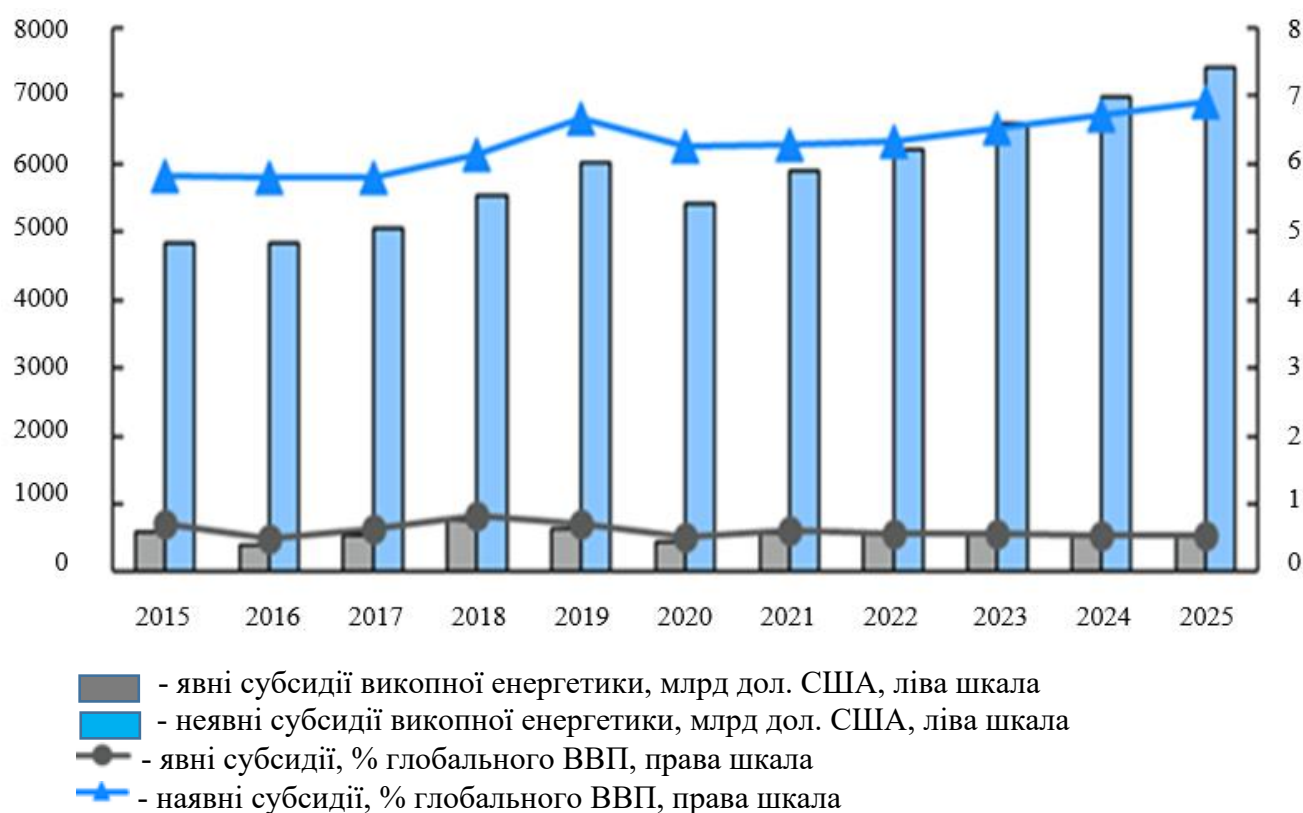


Рис. 2.15. Обсяги субсидування глобальної викопної енергетики у 2015-2022 рр. з прогнозом до 2025 р.

Джерело: побудовано авторкою за даними [57].

Це відбувається або способом купівлі ними компаній, що вже працюють в індустрії відновлювальної енергетики, або ж на основі масштабного інвестування електромобільних технологій, інноваційних розробок у сфері накопичення енергії, виробництва і розподілу водню та ін. Зокрема, тільки у 2020р. топ-7 глобальних нафтогазових корпорацій інвестували у зелену енергетику 5,6 млрд дол. США капітальних видатків (рис. 2.16). І хоча даний показник все ще не перевищує 6% загальних капітальних видатків даної групи компаній¹⁰ і практично усі вони інвестують значні кошти у купівлю активів у сфері видобутку викопних видів палива, однак засвідчує дедалі більшу орієнтацію нафтогазових компаній на нарощування фірмових показників зеленої конкурентоспроможності та

¹⁰ Примітка.

Розраховано авторкою за даними рис. 2.15.

підвищення власного корпоративного бренду в очах світової громадськості (особливо за умов посиленого тиску з боку інвесторів та споживачів енергії).

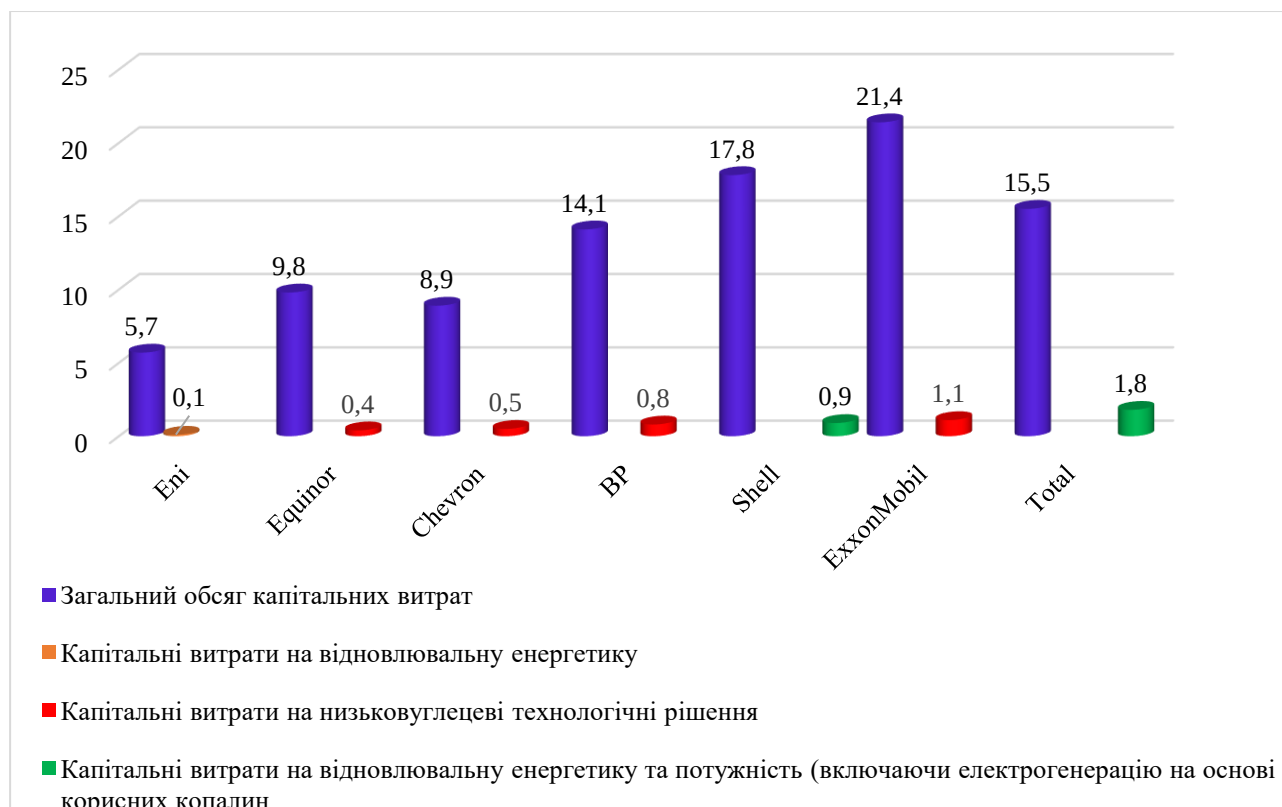


Рис. 2.16. Капітальні витрати топ-7 нафтогазових корпорацій на відновлювальну енергетику у загальних капітальних витратах у 2020 р., млрд дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [74].

Красномовним підтвердженням виключної важливості корпоратизації у процесах «озеленення» світової енергетики та її переведення на модель сталого розвитку є Новий глобальний індекс енергетичних інновацій, що його щорічно розраховують фахівці дослідницької агенції WilderHill New Energy Finance (англ. – *The WilderHill New Energy Global Innovation Index*). Розрахунок даного показника здійснюється на основі рейтингування компаній за критерієм того, якою мірою розроблені ними інноваційні технології і сервіси зорієнтовані на виробництво і використання зеленої енергії, зменшення викидів парникових газів (порівняно з використанням традиційного викопного палива), а також підвищення енергоефективності й енергоощадності. Так, за підсумками третього кварталу 2022р. до топ – 20 компаній-лідерів у сфері розвитку зеленої енергетики увійшли

Stem Inc. (з індексом 2,12), First Solar Inc. (2,09), Fluence Energy Inc. (2,07), Enovix Corp. (2,02), Wolfspeed Inc. (1,99), Plug Power Inc. (1,91), Ameresco Inc. (1,84), Maxeon Solar (1,79), Infrastructure and (1,78), Sun Power Corp. (1,76) та ін. (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Компанії – глобальні лідери за Новим глобальним індексом енергетичних інновацій за результатами третього кварталу 2022 р.

Рей- тинг	Компанія	Значення індексу	Рей- тинг	Компанія	Значення індексу	Рей- тинг	Компанія	Значення індексу
1	Stem Inc. (США)	2,12	11	Array Techno- logies (США)	1,72	21	Albemarle Corp. (США)	1,47
2	First Solar Inc. (США)	2,09	12	Sunrun Inc. (США)	1,71	22	Ormat Tech (США)	1,45
3	Fluence Energy Inc. (США)	2,07	13	Enphase Energy Inc. (США)	1,70	23	Piedmont Lith (США)	1,43
4	Enovix Corp. (США)	2,02	14	Bloom Energy Corp. (США)	1,67	24	Canadian Solar (Канада)	1,43
5	Wolfspeed Inc. (США)	1,99	15	Lithium Ameri- cas (Канада)	1,61	25	ESCO Technologies (США)	1,42
6	Plug Power Inc. (США)	1,91	16	Shoals Tech (США)	1,57	26	Rivian Automotive (США)	1,40
7	Ameresco Inc. (США)	1,84	17	Livent Corp. (США)	1,56	27	Charge Point (США)	1,39
8	Maxeon Solar (Сінгапур)	1,79	18	Sigma Lithium Corp. (Канада)	1,55	28	Quanta Services (США)	1,38
9	Infrastructure and (США)	1,78	19	Sunnova Energy (США)	1,52	29	Standard Lithium (Канада)	1,37
10	Sun Power Corp. (США)	1,76	20	Blink Charging Co. (США)	1,48	30	EVgo Inc. (США)	1,36

Джерело: складено авторкою за даними [137, с. 117].

Як випливає з даних табл. 2.2, з тридцяти представлених у рейтингу компаній двадцять п'ять є американськими, що свідчить про недосяжне для інших суб'єктів ринку зеленої енергії конкурентних позицій США. При цьому великі нафтогазові корпорації вдаються нині до впровадження доволі диверсифікованих корпоративних стратегій і бізнес-моделей у сфері зеленої енергетики з метою *ребрендингу та утвердження свого конкурентного статусу в якості активних учасників глобального енергетичного переходу*. Як приклад наведемо, зокрема, корпорацію BP, яка ще у 2001 р. змінила свій бренд з «British Petroleum» на «Beyond Petroleum»; компанію GDF Suez (перейменовану в Engie у 2015 р.); корпорацію Danish Oil and Natural Gas (Ørsted, 2017 р.); компанію Gas Natural Fenosa (Naturgy у 2018 р.); корпорацію Total (TotalEnergies у 2021 р.) та ін.

Окрім чисто технічної зміни назви загальна логіка подібного роду *ребрендингу* зазначених нафтогазових БНП полягає також і у *переорієнтації* їх спеціалізаційного профілю у бік набуття статусу глобальних операторів індустрії зеленої енергетики (в основному у сегменті офшорної вітрогенерації). Наприклад, у 2020 р. ВР задекларувала стратегічну мету щодо 40%-ного скорочення обсягів видобутку нафти і газу до 2030 р. (порівняно з 2019 р.), а також планує розширити власні потужності відновлювальної електрогенерації до 50 ГВт на кінець періоду. Своєю чергою, Total вже до 2025 р. має намір встановити 35 ГВт технологічних потужностей зелених джерел енергії до 2025 року; Eni та Repsol – по 15 ГВт до 2030р.; Equinor – 12-16 ГВт до 2035 р.; а заплановані корпорацією Shell обсяги цільових інвестицій у розвиток зеленої та водневої енергетики становлять від 2 до 3 млрд дол. США у рік [166].

Красномовним підтвердженням масштабної корпоратизації глобальної індустрії зеленої енергетики є і результати досліджень аналітичної агенції Ceres щодо частки найбільших багатонаціональних підприємств з рейтингу Fortune – 100 і Global – 100, котрі визначили для себе стратегічні цільові індикатори у царині зеленої енергетики. Вони показали¹¹, що 61% компаній зі списку Fortune – 100 і 57% корпорацій з Global – 100 чітко визначають у своїх корпоративних стратегіях цільові індикатори щодо розвитку зеленої енергетики на найближчу перспективу; 31% і 38% відповідно – на середньострокову перспективу і лише 8% і 5% компаній зазначених рейтингових груп – на довгострокову перспективу (до 2050 р.) [132, с. 12].

Наголосимо, що за умов розбудови у глобальних координатах моделі сталого розвитку в останні роки усі ми є свідками активного залучення до *процесів інвестування зеленої енергетики компаній неенергетичного сектору*. Наприклад, у 2022 р.¹² найбільшими корпоративними підписантами спеціальних контрактів на

¹¹ Примітка.

Зазначене дослідження проводилось на основі узагальнення корпоративних показників щодо частки відновлювальної енергії у загальному обсязі її споживання, абсолютного обсягу енергогенерації компаній, а також цільового обсягу здійснених ними інвестиційних капіталовкладень у відновлювальну енергетику.

¹² Примітка.

Станом на 28 липня 2022 р.

купівлю відновлювальної електроенергії (*англ. – power purchase agreement – PPA*) були компанії The Procter & Gamble (придбала 2,2 ГВт зеленої енергії), Apple Inc. (майже 2 ГВт), Target Corporation (1,1 ГВт), General Motors, LLC (1,1 ГВт), Kaiser Permanente (1,5 ГВт), JP Morgan Chase&Co. (1,5 ГВт) (додаток І). При цьому топ – 20 американських компаній з найбільшими обсягами власної виробленої зеленої енергії спожили у звітному році, як показують дані додатку І, 1749,9 ГВт її обсягів, що становить від мінімальних 2% (JP Morgan Chase&Co.) до максимальних 67% (Amphitheater Public School) загального обсягу енергоспоживання компаній зазначеного рейтингу.

Загальний же обсяг річного споживання американськими компаніями зеленої енергії, придбаної в рамках програми Зеленого енергетичного партнерства Агентства з охорони довкілля США (*англ. – EPA Green Power Partnership*)¹³, становить станом на 28 липня 2022 р. майже 1,9 млрд кВт / год. Це еквівалентно річному споживанню електроенергії понад 176 тис середніх американських будинків [180]. Дані цифри відбивають, на нашу думку, масштаби прямого інвестування корпоративним сектором зеленої енергетики каналом її власної генерації (*англ. – on-site generation*), яка реалізується в рамках функціонуючої виробничої інфраструктури компаній і фірм. Нагадаємо, що укладення подібного роду контрактів стало в останні роки доволі поширеною формою довгострокового зеленого інвестування (до 15-20 років порівняно з 2-3 роками чинності екологічних сертифікатів) і корпоративною стратегією «озеленення» енергоспоживання багатьох промислових і сервісних компаній, забезпечуючи для останніх цілу низку конкурентних переваг в частині фіксування цін на електроенергії [132, с. 18]. Загалом же, станом на початок 2021 р. різного роду державні і приватні інституційні інвестори вклали у розвиток зеленої енергетики близько 15 трлн дол. США [166].

¹³ Примітка.

Зелене енергетичне партнерство Агентства з охорони довкілля США являє собою добровільну програму, яка забезпечує різного роду американським бізнесовим структурам широкі можливості щодо добровільного використання зеленої енергії на основі її організаційної закупівлі способом експертного і консалтингового обслуговування компаній, надання їм технічної підтримки, необхідних інструментів та ресурсів.

Наступним трендом сучасної структурної динаміки зеленої енергетики, яка підтверджує її фундаментальний вплив на енергетичну трансформацію глобального економічного розвитку є її *масштабна урбанізація*. Зауважимо, що нині надзвичайно важко переоцінити значення урбаністичного векторного мегатренду «озеленення» глобального енергоспоживання з огляду на той факт, що саме міські агломерації демонструють надвисокий рівень вразливості до кліматичних змін, споживаючи від 60 до 80% світової енергії та емітуючи понад 70% викидів парникових газів [154, с. 13]. А оскільки на період до 2050 р. у містах проживатиме не менше 70% загальної кількості світового населення, то вже сьогодні реальністю є: *глибока інтеграція технологій зеленої енергетики у міські енергосистеми; стрімкий розвиток систем міської електричної мобільності; динамічне нарощування обсягів електрогенерації (в основному сонячної фотоелектричної) у містах та неухильне збільшення державних закупівель зеленої електроенергії для потреб громадських будівель і муніципальних парків; впровадження чистих енергетичних сервісів у міські системи охорони здоров'я, онлайн-освіту, віддалену роботу, системи міського опалення і охолодження тощо*. Багато світових мегаполісів в останні роки вдаються також до впровадження локальних систем розподілу електроенергії, розширення міських зарядних станцій для автомобілів (табл. 2.3) та зелених теплових мереж, а також значного обмеження руху транспортних засобів, перетворюючи у такий спосіб вуличний автомобільний простір на велосипедний і пішохідний.

Так, вже звичною стала практика так званих «відкритих вулиць» (м. Мілан, Італія), «повільних вулиць» (м. Сан-Франциско, США), запровадження тимчасових велосипедних доріжок (м. Богота Колумбія), перетворення автомобільних вулиць на пішохідні (м. Буенос-Айрес, Аргентина) та ін. [154, с. 13]. Наприклад, у Дубліні (Ірландія) у 2019 р. міська рада уклала договір на облаштування семи спортивних центрів фотоелектричними сонячними панелями, щорічно заощаджуючи при цьому майже 130 тис євро енерговитрат та зменшуючи викиди CO₂ на 320 тон. Своєю чергою, у Портленді (США) у 2020 р. на головній пожежній станції було встановлено сонячну фотоелектричну систему з акумулятором для забезпечення

безперебійного і надійного живлення; в Аделаїді (Австралія) у цьому ж році на головній міській насосній станції питної води було завершено наземний проєкт сонячної фотоелектричної установки потужністю 12 МВт. Подібні приклади можна продовжувати.

Таблиця 2.3

**Загальна кількість громадських зарядних станцій для електромобілів
за окремими столичними мегаполісами у 2019 р.**

Місто (країна)	Кількість громадських зарядних станцій на 1 млн населення	Частка відновлювальних джерел у струк- турі міського електро- споживання, %	Місто (країна)	Кількість громадських зарядних станцій на 1 млн населення	Частка відновлювальних джерел у струк- турі міського електро- споживання, %
Азія			Європа		
Шеньчжень (Китай)	4800	28	Осло (Норвегія)	3000	98
Пекін (Китай)	1920		Амстердам (Нідерланди)	2750	18
Шанхай (Китай)	1690		Стокгольм (Швеція)	717	69
Північна Америка			Лондон (Велико- британія)	405	37
Сан Хосе (США)	1200	48	Париж (Франція)	307	22
Лос- Анджелес	590	32			

Джерело: побудовано авторкою за даними [151, с. 102].

Попри значний брак точних даних щодо вартісних обсягів і структури інвестицій у зелену енергетику у містах, у 2019 р. лише у сфері міських трубопроводів було зареєстровано понад 170 зелених енергетичних проєктів загальним обсягом фінансування на рівні 31,2 млрд дол. США [151, с. 20]. Сукупна вартість муніципальних облігацій, емітованих у період 2013-2019 рр. для фінансування установок відновлюваної енергетики у 19 містах по всьому світу (з безумовним домінуванням міст Швеції), становить 4,2 млрд дол. США (табл. 2.4). Загалом же, у кінці 2020 р. близько чверті міського населення світу проживали у міських агломераціях, котрі поставили собі стратегічні цілі чи розробили політики щодо розвитку зеленої енергетики. Кількісно – це понад 10,5 тис міст із сформульованими цілями щодо зменшення емісії парникових газів та близько 800 міст, котрі взяли на себе зобов'язання щодо нульових викидів CO₂ [74].

Таблиця 2.4

**Загальна вартість муніципальних облігацій, емітованих
для фінансування установок відновлювальної енергетики
за окремими містами, у 2013-2019 рр., млн дол. США**

Місто (країна)	Вартість	Місто (країна)	Вартість
<i>Африка</i>		<i>Європа</i>	
Йоханнесбург (ПАР)	136,4	Париж (Франція)	319,8
<i>Азія</i>		Гетеборг (Швеція)	1293,8
Токіо (Японія)	268,5	Лунд (Швеція)	151,2
<i>Північна Америка</i>		Мальме (Швеція)	392,0
Торонто (Канада)	150,7	Нака (Швеція)	57,4
Оберн (США)	8,7	Норрчепінг (Швеція)	68,3
Гонолулу (США)	143,8	Еребру (Швеція)	431,1
Отіс (США)	6,2	Естерсунд (Швеція)	180,8
Річленд (США)	3,1	Вестерос (Швеція)	81,2
Сан Франциско (США)	247,8	Веллінге (Швеція)	61,6
Спокан (США)	181,2	Усього за топ – 19 міст	4183,6

Джерело: побудовано авторкою за даними [151, с. 111].

Узагальнюючи вищенаведене, відзначимо таке: системні і незворотні процеси «озеленення» світового енергетичного сектору сформували в останні десятиліття міцне підґрунтя глибокої структурної трансформації глобального виробництва. Уже у найближчі двадцять-тридцять років воно не тільки докорінним чином модернізує діючі на сьогодні корпоративні стратегії і бізнес-моделі, але й сформує якісно нову – сталу – парадигму відтворення глобального суспільного продукту. Вона передбачає системну екологізацію загальносвітових процесів виробництва, розподілу, обміну і споживання на основі як докорінної модернізації існуючої на сьогодні енергетичної інфраструктури, так і глибокої конвергенції усього комплексу технологій, пов'язаних, з одного боку, з підвищенням енергоефективності, а з другого – нарощуванням обсягів виробництва і споживання відновлювальної енергії.

Загальні контури сталої парадигми відтворення глобального суспільного продукту формуються нині провідними глобальними корпораціями на основі впровадження екологічно чистих енергетичних технологій в усі внутрішні виробничі й управлінські процеси, глибокої енергетичної модернізації виробничих потужностей, а також системної адаптації фінансово-господарських операцій до природно-кліматичних змін та глобальних екологічних стандартів. Таким чином,

завдяки «озелененню» енергетичного сектору у найближчій історичній перспективі буде сформовано потужний самопідтримувальний механізм переведення усієї світогосподарської системи на якісно вищий щабель розвитку, що передбачає у тому числі значне зростання ефективності управління енергетичними ресурсами. Це пов'язано з ключовими особливостями зеленої енергетики, яка (з погляду концептуальних засад зеленої економіки) здатна забезпечити максимальну конвергенцію економічних, екологічних і соціальних цілей глобального суспільного прогресу на основі значного пом'якшення існуючих на сьогодні ресурсних й екологічних обмежень, загроз деградації екосистем, а також глибоких міжкраїнових і міжрегіональних асиметрій у доступі до енергетичних ресурсів.

2.3. Економетричне моделювання впливу відновлювальної енергетики на національний економічний розвиток

Фундаментальні процеси екологізації світового енергетичного комплексу та підвищення рівня енергоефективності суспільного виробництва передбачають в якості обов'язкового компонента формування якісно нової його технологічної платформи, здатної забезпечити переведення глобальної енергетики на сталу модель розвитку. Це знаходить своє концентроване вираження насамперед у глибоких структурних змінах національних енергетичних балансів держав у бік нарощування частки відновлювальної енергії у загальному енергоспоживанні, широкому використанні безвуглецевих технологій енерговиробництва, динамічному прирості відновлювальних генеруючих потужностей тощо.

Тут варто нагадати, що потужні рушійні сили усіх зазначених процесів формують глобальний тренд щодо підвищення енергоефективності суспільного відтворення. Будучи матеріальною основою переходу світової економіки на чисту енергію та зменшення викидів парникових газів, він забезпечує не тільки стрімке зниження сукупних витрат суб'єктів господарювання і домогосподарств на електроенергію, але й зміцнення їх енергетичної безпеки у глобальних

координатах. Не слід скидати з рахунків і виключної важливості енергоефективності у зниженні глобального попиту на вичерпні джерела енергії, переході світового виробництва до чистих нульових викидів CO₂ на період до 2050р., а також реалізації масштабних заходів електрифікації та докорінній зміні моделей споживчої поведінки. Усі зазначені напрями формують по суті майбутній глобальний ландшафт енергомісткості світогосподарської системи, що відбиває дію потужного тренду щодо неухильного зниження кількості енергії, необхідної для виробництва одиниці ВВП як ключового індикатора енергоефективності економіки.

Доцільно зауважити, що в основі оцінки економічної ефективності використання різними державами відновлювальних джерел енергії лежить відбір ключових індикаторів, на основі яких можна здійснити комплексний аналіз рівня впливу їх національних енергетичних комплексів на навколишнє середовище та визначити частку відновлювальних джерел енергії у загальній структурі енергетичного балансу держав. Так, буквально за останні кілька років ціла низка країн здійснила різкий перехід до використання відновлюваних джерел енергії – сонячної, вітрової та гідроенергетики. Велика кількість держав, своєю чергою, декларує свій перехід до відновлювальної енергетики, з року в рік активно нарощуючи частку споживання відновлюваних енергоджерел з метою зменшення свого вуглецевого сліду та боротьби з кліматичними змінами.

Зазначений структурний зсув чітко фіксують звіти провідних міжнародних організацій, наділених функціональними повноваженнями у сфері сприяння міждержавному співробітництву із зменшення залежності держав від викопних видів палива та удосконалення глобальної структури попиту і пропонування енергоресурсів. Зокрема, згідно даних Міжнародного енергетичного агентства, відновлювані джерела енергії вже у 2019 р. досягли відмітки у 25% світового виробництва електричної енергії, тоді як у 2010 р. даний показник не перевищував 9,4%. При цьому спостерігаються чітко виражені міждержавні асиметрії у рівні розвитку відновлювального сегмента національних енергетичних комплексів

країн. У той час як Швеція та Норвегія з відновлювальних джерел генерують майже увесь сукупний обсяг споживаної електроенергії, Індія та Китай все ще покладаються виключно на невідновлювальну енергетику, споживаючи найбільші у світі обсяги вугілля та природного газу.

Між тим, у міру розвитку енергетичних технологій, як наголошують авторитетні міжнародні експерти, усе більша кількість держав долучатиметься до процесу відновлювальної електрогенерації. Завдяки масштабному інвестуванню досліджень і розробок енергетичного профілю, розробленню і впровадженню інноваційних методів накопичення та зберігання відновлюваної енергії, величезним за вартісними обсягами державним капіталовкладенням в енергетичну інфраструктуру ціла низка країн стрімко знижують свою залежність від видобутку нафти, природного газу, кам'яного вугілля та інших викопних видів паливної сировини, переводячи свої енергетичні комплекси на якісно вищий щабель розвитку. Тож уже найближчими роками слід очікувати динамічного зростання глобальних обсягів виробництва і споживання відновлювальних енергетичних товарів [143].

Надзвичайно важливими для аналізу структурних вимірів національних економік, розроблення галузево-секторальних індикаторів енергоємності виробництва та здійснення моніторингу динаміки ефективності різних видів економічної діяльності є дані щодо структури виробництва сукупної доданої вартості [60]. З цією метою Міжнародне енергетичне агентство розробило поточну базу інформаційних даних з метою як забезпечення якнайповнішого охоплення галузево-секторальних даних про вироблену додану вартість у поточних і постійних цінах, так і розроблення системи відповідних показників енергоефективності національних економік. Дана база даних акумулює нині інформацію про вироблену додану вартість з трьох баз даних: системи національних рахунків ОЕСР, Статистичного відділу ООН та спільної ініціативи ОЕСР та Світової організації торгівлі з кількісної оцінки доданої вартості у торгівлі (*англ. – trade in value added – TIVA*) [40]. Наголосимо, що підхід TIVA враховує

додану вартість, яка продукується кожною окремо взятою країною у процесі виробництва товарів і послуг, що споживаються на інтернаціональному рівні [183]. Відтак – він дає змогу з якісно нових методологічних позицій оцінити міждержавні торговельні відносини через призму їх внеску у глобальний сталий розвиток, «озеленення» світового відтворювального процесу та підвищення загальної ресурсної ефективності.

Дане питання набуває особливої актуальності з урахуванням нагальної необхідності визначення державами – глобальними екологічними лідерами своїх стратегічних пріоритетів у сфері інвестиційних капіталовкладень у зелену економіку з метою недопущення надмірного «розпилювання» коштів одночасно за багатьма її секторами і напрямками. Окрім того, піонерам світового «зеленого руху» обов'язково знадобиться стратегічне бачення того, у який спосіб найближчими десятиліттями слід зміцнювати свої позиції на глобальному ринку та формувати лідерські переваги у сфері зеленої конкурентоспроможності. Якщо оцінювати загальний обсяг задіяного глобального ресурсу у сфері відновлювальної енергетики, то слід виокремити малочисельну за кількісним складом групу держав – незаперечних лідерів за усіма існуючими на сьогодні її сферами – від гідро- і сонячної енергетики до біомаси. Це такі країни як: Сполучені Штати Америки, Китай, Японія та Німеччина (рис. 2.17).

Окрім того, при оцінюванні ефективності використання державами відновлювальних енергоджерел важливого значення набуває також комплексне урахування показників щодо їх впливу на довкілля та кліматичні зміни. Такими базовими індикаторами, згідно доступних статистичних даних міжнародних організацій, є загальні викиди CO₂, викиди вуглецю на особу та якість повітря [47]. Зокрема, якісні кондиції повітря оцінюються за шкалою наявності у ньому ультрадисперсних частинок (PM_{2,5}) – шкідливих для здоров'я крихітних твердих часток, котрі погіршують видимість та спричиняють туманність повітря. Перевищення ними певного порогового значення засвідчує погану якість повітря, а їх низький рівень – його високі екологічні параметри [3].

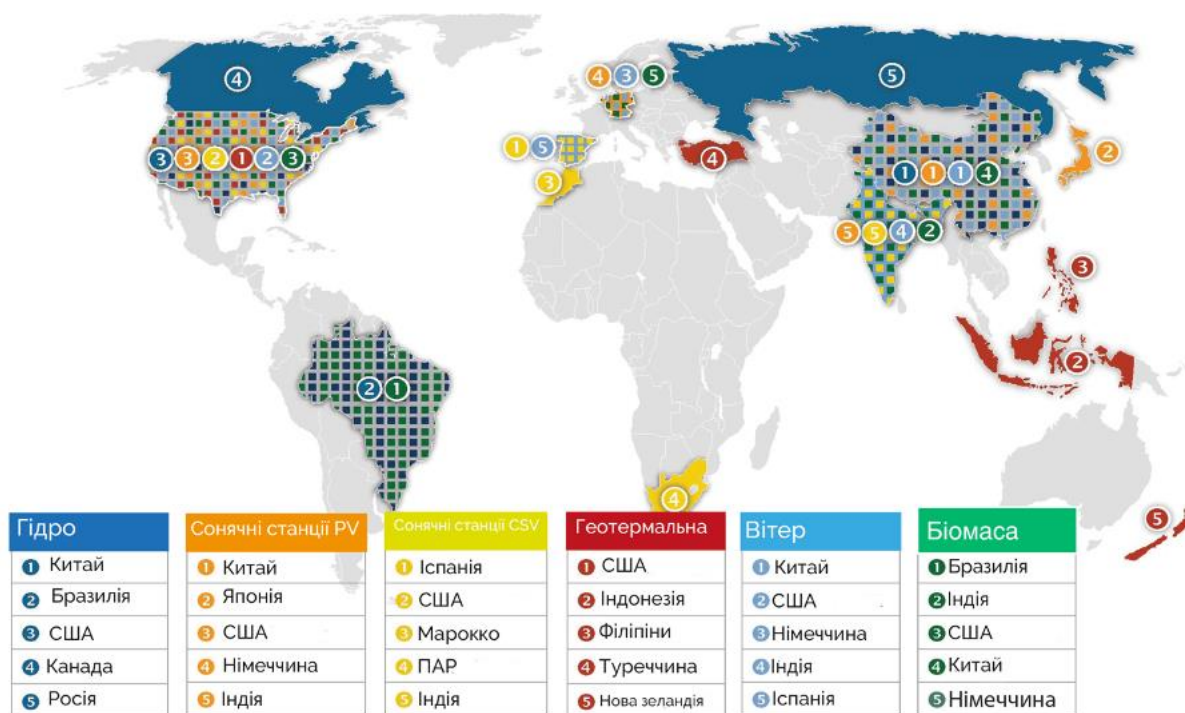


Рис. 2.17. Рейтинг країни світу за потужностями відновлювальної енергетики за типами генерації у 2018 р.

Джерело: побудовано авторкою за даними [246].

Нарешті, важливим підсумковим індикатором, який характеризує рівень використання відновлювальної енергетики у національному суспільному виробництві держав, є її частка у валовому кінцевому споживанні [148]. Доступна статистична інформація міжнародних агенцій, звітів міжнародних організацій та національної статистики дала нам змогу сформувати панель інформаційних даних виокремлених нами показників за 72 країнами світу станом на кінець 2021 р., яку покладемо в основу кластеризації держав за показниками розвитку відновлювальної енергетики (додаток К).

Важливо зазначити, що кластерний аналіз, як метод багатомірного статистичного дослідження, об'єднує схожі за своїми кількісними характеристиками вибіркові елементи, а отже – дає можливість упорядкувати їх у відносно однорідні групи. Найпоширенішим програмним інструментом для здійснення подібного роду групування є Statistica, а методами кластерного аналізу – ієрархічна побудова дендрограм, метод ближнього сусіда (який дає можливість мінімізувати кількість кластерів) та метод дальнього сусіда. Своєю чергою,

кластеризація методом k-середніх є одним з найбільш вживаних в економетричній науці методів кластеризації, здатних упорядкувати значну множину об'єктів у порівняно однорідні групи.

Таким чином, у результаті застосування програмного продукту Statistica ми виявили, що найбільший внесок у кластеризацію країн серед обраних нами показників вносить частка відновлювальних джерел енергії у кінцевому споживанні (0,022545) та у виробництві електроенергії (0,034812), а також викиди вуглецю на особу (0,265877). На основі ж застосування методу k-середніх ми сформували шість кластерів країн, дуже схожих між собою за показниками використання відновлювальних джерел енергії у національних економіках (додаток Л). Узагальнюючи результати проведеної кластеризації, можемо констатувати наявність трьох країнових кластерів, до яких належать найбільші економіки світу, котрі завдяки використанню відновлювальної електрогенерації справляють різноступеневий вплив на навколишнє середовище. Своєю чергою, до четвертого, п'ятого та шостого кластерів належать відповідно 8, 18 та 40 держав (табл. 2.5), котрі завдяки реалізації національних стратегій енергетичної трансформації також неухильно нарощують свій конкурентний потенціал у сфері відновлювальної електрогенерації.

Окремої уваги заслуговує Китай, який, згідно нашої дендрограми, репрезентує окремий кластер та не входить до жодної з охарактеризованих вище країнових груп. Головні причини цього криються, на нашу думку, у специфічній диспозиції КНР у глобальних процесах «озеленення» світового господарства, яка характеризується, з одного боку, надзвичайно високими показниками вуглецевої емісії, а з другого – значним ресурсним потенціалом національної відновлювальної енергетики, яка, тим не менше, все ще не покриває повною мірою наявного внутрішнього попиту в електрогенерації.

Для проведення поглибленого аналізу щодо визначення впливу відновлювальної енергетики на макроекономічне зростання держав використаємо економіко-математичне моделювання у формі регресійного аналізу. З кожного

кластеру оберемо держави, котрі характеризуються найменшою відстанню від центру кластеру, а відтак – можуть репрезентувати свою групу та екстраполювати результати регресії на усіх членів своєї підгрупи. У нашому випадку такими країнами стали: Китай, Німеччина, США, Японія, Австрія та Чехія. Результуючим залежним показником нами обрано ВВП на особу, який опосередковано дає можливість найбільш повно врахувати розмір країни та наявний у неї ресурсний потенціал щодо подальшої енергетичної трансформації.

Таблиця 2.5

**Країнові кластери за показниками використання відновлювальних
джерел енергії у національних економіках**

Кластер (кількість країн)	Країни кластеру
Кластер 1 (1 країна)	Китай
Кластер 2 (дві країни)	Індія, Німеччина
Кластер 3 (три країни)	США , Канада, Бразилія
Кластер 4 (8 країн)	Туреччина, Великобританія, Японія , Італія, Франція, Іспанія, Швеція, Норвегія
Кластер 5 (18 країн)	Індонезія, Мексика, Австралія, Польща, В'єтнам, Таїланд, Пакистан, Аргентина, Колумбія, Чилі, Румунія, Австрія , Перу, Португалія, Фінляндія, Швейцарія, Нова Зеландія, Латвія
Кластер 6 (40 країн)	Респ. Корея, Саудівська Аравія, Об'єднані Арабські Емірати, Малайзія, Єгипет, Казахстан, Сінгапур, Нідерланди, Україна, Алжир, Філіппіни, Катар, Бельгія, Узбекистан, Кувейт, Бангладеш, Туркменістан, Чехія , Оман, Марокко, Гонконг, Ізраїль, Греція, Угорщина, Болгарія, Еквадор, Азербайджан, Ірландія, Словаччина, Данія, Шрі-Ланка, Естонія, Тринідад і Тобаго, Хорватія, Литва, Словенія, Люксембург, Кіпр, Північна Македонія, Ісландія

Джерело: побудовано авторкою.

В якості незалежних змінних ми обрали такі показники як: виробництво відновлюваної електроенергії (% загального виробництва електроенергії); споживання відновлювальної енергії (% від загального кінцевого споживання); виробництво сонячної енергії (ТВт год); споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год); частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації (%). Зазначені показники є відносними та абсолютними, а отже – дають можливість здійснити оцінку різних параметрів на результуючу змінну. Відповідні вихідні дані для побудови багатофакторної та двофакторної залежності впливу

відновлювальної енергетики на ВВП на особу по Китаю, Німеччині, США, Японії, Австрії та Чехії представлено у додатку М.

У результаті використання програмного продукту «Аналіз даних» ми отримали наступні показники у рівняннях регресії та критерії достовірності багатфакторних рівнянь на рівні множинних коефіцієнтів кореляції, коефіцієнтів детермінації та розрахункових критеріїв Фішера (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Результати регресійного багатфакторного аналізу

Країна	Рівняння регресії	Множинний коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації	Розрахунковий критерій Фішера
Австрія	$Y = X_1 * 133,31 - X_2 * 498,88 + X_3 * 349,13 - X_4 * 65,34 + X_5 * 816,21 + 63687,5$	0,3719	0,1383	0,1925
США	$Y = X_1 * 3611,88 + X_2 * 3452,93 + X_3 * 82,27 + X_4 * 21,98 + X_5 * 1052,05 + 26210$	0,9979	0,9959	291,678
Японія	$Y = -X_1 * 4655,04 + X_2 * 2561,334 - X_3 * 1221,41 + X_5 * 15645,91 + 83987,49$	0,8094	0,6552	3,326
Китай	$Y = X_1 * 186,134 - X_2 * 1541,06 + X_3 * 32,49 + X_4 * 1,195 - X_5 * 1292,86 + 17251,2$	0,99713	0,99427	208,237
Німеччина	$Y = X_1 * 32,0188 + X_2 * 3607,502 + X_3 * 131,83 - X_4 * 57,4661 - X_5 * 11,58 + 18260,8$	0,796092	0,6337	2,0765
Чехія	$Y = X_1 * 1946,62 + X_2 * 1181,28 + X_3 * 1012,05 - X_4 * 1922,12 + X_5 * 2223,73 + 24988,25$	0,8984	0,8072	5,0256

Джерело: побудовано авторкою.

Як бачимо, практично в усіх рівняннях маємо позитивні значення коефіцієнтів для незалежних змінних X_1 «Виробництво відновлюваної електроенергії (% загального виробництва електроенергії)» та X_3 «Виробництво сонячної енергії (ТВт год)» і від'ємні показники для фактору X_4 «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)», що підтверджує нашу тезу щодо позитивного впливу нарощування масштабів відновлювальної енергетики на валовий внутрішній продукт країн.

Спираючи на дані, подані у табл. 2.18, дамо пояснення отриманим показникам та інтерпретуємо їх економічну та математичну сутність. Що стосується коефіцієнта детермінації, то він є статистичним показником, що використовується в економетричних моделях як міра залежності варіації залежної змінної від варіації незалежних змінних. Інакше кажучи, він кількісно формалізує, яка частина варіації

залежної змінної пояснена моделлю, та констатує, наскільки отримані спостереження підтверджують модель. За умов класичної лінійної множинної регресії, зазначений коефіцієнт набуває значення від 0 до 1, тож чим ближче його значення наближається до одиниці, тим адекватнішою є модель. Для наших розрахунків важливо зазначити, що лише для Австрії коефіцієнт детермінації є меншим 0,5, тобто для даної країни наведене рівняння не є адекватним.

Ще одним дієвим засобом статистичного аналізу є визначення і кількісна оцінка взаємозв'язку між двома статистичними ознаками за допомогою парної кореляції. З огляду на те, що сучасні соціально-економічні процеси і явища формуються під впливом не одного, а цілої низки факторів, у нашому випадку до розрахунків ми включили п'ять факторів. Кореляцію, за допомогою якої можна дослідити вплив на результуючий показник двох і більше взаємопов'язаних факторних ознак, називають множинною. Таким чином, лише багатфакторні регресійні моделі дають змогу повною мірою оцінити вплив на досліджуваний результуючий показник кожного окремого із включених у рівняння факторів за фіксованого значення (на середньому рівні) усіх інших факторів. Для наших розрахунків значення коефіцієнтів перебуває у межах довірчих інтервалів.

Нарешті, критерій Фішера дає змогу порівнювати величини вибірових дисперсій двох незалежних вибірок, а його зіставлення з табличними даними дає нам змогу підтвердити достовірність зв'язку. Деталізуємо вплив кожного фактору на ВВП країн на особу та представимо графічно результати найбільш вагомих незалежних показників (додаток Н).

Підбиваючи підсумок наголосимо на такому: результати проведеного нами двофакторного регресійного аналізу підтверджують наявність сильного прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та такими незалежними факторами як: «Виробництво відновлюваної електроенергії (% загального виробництва електроенергії)», «Споживання відновлювальної енергії (% від загального кінцевого споживання)» та «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)». Це підтверджує висунуту нами гіпотезу про суттєвий вплив відновлювальної енергетики на динаміку макроекономічного зростання держав.

При цьому зазначена закономірність яскраво демонструє універсальність своєї дії на рівні усіх виокремлених нами країнових кластерів. Це свідчить про те, що незалежно від кластеру перебування тієї чи іншої держави та реалізовуваної нею національної стратегії екологізації національного енергетичного комплексу, його «озеленення» та переведення на модель сталого розвитку справляє потужний позитивний вплив на макроекономічну динаміку країн та їх соціальний розвиток – зростання зайнятості населення, створення нових сервісних енергокомпаній, підприємств з виробництва технологічного й енергетичного обладнання та ін. Таким чином, подальші перспективні тренди світогосподарських енергетичних трансформацій сприятимуть не тільки значному поліпшенню екологічних параметрів людської життєдіяльності, але й суттєвого підвищення її якісних кондицій та матеріального добробуту широких верств населення.

Висновки до розділу 2

1. Ключовими тенденціями діджиталізації глобального енергетичного сектору, які засвідчують його перехід на сталу модель розвитку, є: наскрізний характер діджитал-технологій та охоплення ними усіх структурних сегментів світової енергетики, динамічний розвиток альянсних форматів стратегічного партнерства нафтогазових і високотехнологічних корпорацій, суттєве поліпшення чинних систем геологічного моделювання та автоматизації процесів технологічного обслуговування енергетичного обладнання, значне підвищення стабільності роботи енергосистем, створення технічних можливостей щодо розподілення електрогенерації у межах окремих автономних станцій та комплексних енергетичних мереж з сотнями інфраструктурних об'єктів, об'єднаних механізмами екосистем інтернету енергії. Під їх впливом глибокої модернізації зазнають чинні корпоративні стратегії і бізнес-моделі енергетичних компаній у бік розбудови нафтогазовими компаніями спільно зі своїми партнерами розгалужених й об'єднаних на спільних цифрових платформах внутрішніх і зовнішніх екосистем, збільшення обсягів венчурного фінансування досліджень і розробок енергетичного профілю, стрімкого нарощування масштабів

транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid, розбудови децентралізованих енергетичних систем, включення у загальні мережі значних обсягів згенерованої зеленої електроенергії.

2. Системні процеси діджиталізації світового енергетичного сектору, забезпечуючи гнучке управління надскладними, багатосуб'єктними і транзитивними енергетичними системами, мають своїм закономірним наслідком суттєве підвищення ролі споживачів енергії у її суспільному відтворенні та їх перетворення на повноцінних ринкових учасників. Не здійснюючи жодних початкових капіталовкладень в енергогенерацію, споживачі настійно спонукають енергетичні компанії до розроблення висококастомізованих техніко-технологічних рішень та продукування пакетних пропозицій енерготоварів й енергосервісів у форматі реалізації бізнес-моделі «енергія як послуга». Остання є матеріальною основою розбудови у глобальних координатах клієнт-орієнтованих енергетичних систем, які характеризуються не тільки широкими можливостями вибору споживачами постачальників енергопослуг, але й фронтальною розбудовою систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні. Даний процес супроводжується динамічною продуктово-видовою й інституційною структуризацією світових енергоринків, диверсифікацією їх суб'єктної структури, появою нових груп ринкових гравців, включаючи і тих, що спеціалізуються на впровадженні у глобальні вартісні ланцюги інформаційних технологій і засобів мобільної комунікації.

3. На тлі значного загострення глобальної екологічної проблеми перехід світового співтовариства до реалізації з початку 1980-х років моделі сталого розвитку супроводжується поступовим переведенням енергетичного сектору на зелені «рейки». Це передбачає глибоку структурну трансформацію енергетичного базису світового господарства у бік підвищення його екологізації і декарбонізації, енергоефективності й енергоощадності, а також розбудови енерговідтворювальної системи глобального типу з невичерпними у масштабах людської цивілізації природними ресурсами в якості її ядра.

4. Завдяки «озелененню» світового енергетичного сектору у найближчій історичній перспективі буде сформовано потужний самопідтримувальний

механізм переведення усієї світогосподарської системи на якісно вищий щабель розвитку, що передбачає у тому числі значне зростання ефективності управління енергетичними ресурсами. Це пов'язано з ключовими особливостями зеленої енергетики, яка здатна забезпечити максимальну конвергенцію економічних, екологічних і соціальних цілей глобального суспільного прогресу на основі значного пом'якшення існуючих на сьогодні ресурсних й екологічних обмежень, загроз деградації екосистем, а також глибоких міжкраїнових і міжрегіональних асиметрій у доступі до енергетичних ресурсів.

5. Результати проведеного двофакторного регресійного аналізу підтверджують наявність сильного прямого зв'язку між залежним чинником ВВП на особу та такими незалежними факторами як: «Виробництво відновлюваної електроенергії (% загального виробництва електроенергії)», «Споживання відновлювальної енергії (% від загального кінцевого споживання)» та «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)». Це підтверджує висунуту нами гіпотезу про суттєвий вплив відновлювальної енергетики на динаміку макроекономічного зростання держав. Зазначена закономірність яскраво демонструє універсальність своєї дії на рівні усіх виокремлених нами країнових кластерів. Це свідчить про те, що незалежно від кластеру перебування тієї чи іншої держави та реалізовуваної нею національної стратегії екологізації національного енергетичного комплексу, його «озеленення» та переведення на модель сталого розвитку справляє потужний позитивний вплив на макроекономічну динаміку країн та їх соціальний розвиток. Відтак – подальші перспективні тренди світогосподарських енергетичних трансформацій сприятимуть не тільки значному поліпшенню екологічних параметрів людської життєдіяльності, але й суттєвого підвищення її якісних кондицій та матеріального добробуту широких верств населення

Основні результати розділу опубліковано у наукових працях авторки [37; 212; 213; 221; 223; 226].

РОЗДІЛ 3

СТРАТЕГІЧНІ ПРІОРИТЕТИ ПЕРЕВЕДЕННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ НА МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

3.1. Мультиплікативність економічного інструментарію мотивації глобальних енергетичних трансформацій

Наростаючі в останні десятиліття глобальні кліматичні й екологічні проблеми спричиняють значне посилення світогосподарської нестабільності, а отже – актуалізують питання щодо розроблення і впровадження ефективних механізмів економічної мотивації енергетичних трансформацій, здатних забезпечити досягнення цілей Паризької кліматичної угоди та Порядку денного у сфері сталого розвитку до 2030 р. З-поміж подібного роду стратегічних цілей ключовою є забезпечення глобальної енергетичної безпеки на основі розширення доступу світових споживачів до надійних і недорогих джерел енергії, підвищення досягнутого на сьогодні рівня енергозбереження й енергоефективності, зменшення емісії парникових газів, системної екологізації і декарбонізації національних енергетичних секторів, а також їх переведення на траєкторію зеленого розвитку і зеленої структурної диверсифікації.

Переконані, що досягнення зазначених цілей лежить у площині імплементації на національному, регіональному і наднаціональному рівнях якісно нових підходів щодо планування й експлуатації енергетичних систем, інтенсифікації використання енергії і нарощування частки зеленої енергетики, організації й інституціоналізації світового енергетичного ринку, його регулювання і системного «озеленення». Лише за таких умов у світових координатах будуть сформовані усталені передумови як для зниження ризиків кліматичних змін, так і стимулювання економічної діяльності, ліквідації голоду й усіх форм людської бідності, підвищення матеріального благополуччя в усьому світі, забезпечення здорового способу життя, повноцінної і гідної трудової зайнятості.

Якщо характеризувати еволюцію чинних механізмів державного стимулювання енергетичних трансформацій, то слід відзначити, що в останні роки

вони розвиваються у загальному руслі рекомендацій міжурядових і неурядових міжнародних організацій, різного роду експертних й аналітичних спільнот, а також неформальних клубів національних урядів держав. Зокрема, у 2009 р. «Велика двадцятка» за участі держав з розвиненими економіками та країн, що розвиваються, закликала до поступового скасування субсидій на викопне паливо, в черговий раз підтвердивши дану стратегічну мету у 2012 р. Своєю чергою, на 26-му щорічному саміті Конференції ООН зі зміни клімату (м. Глазго, Великобританія) у 2021 р. 197 країн світу дійшли згоди щодо необхідності значного посилення спільних зусиль у царині поступової відмови від екологічно небезпечних для довкілля викопних видів енергетичної сировини [57]. Загалом же станом на тепер 165 держав світу включили у свою регуляторну нормативно-правову базу чітко сформульовані стратегічні цілі у сфері відновлювальної енергетики; понад 160 країн мають розроблені національні політики у сфері розвитку відновлювальних енергоджерел; 137 – цілі у сфері відновлюваної електроенергії; 113 – національні політики у сфері накопичення енергії; а 83 – політики у сфері споживання енергії (табл. 3.1).

Наголосимо, що проблема реалізації глобальної енергетичної трансформації набуває особливої складності для багатьох країн-експортерів нафти і газу, де ті ж самі субсидії на викопні види палива розглядаються в якості головного фінансового інструменту розподілу економічних вигод від національної природно-ресурсної бази серед широких верств населення [57]. Інакше кажучи, демократизація відносин привласнення природної ренти в енергетичному секторі зазначених держав суттєво обмежує їх організаційно-економічні й інституційно-регуляторні можливості щодо адміністрування цільових соціальних програм та «озеленення» національних енергетичних комплексів. Більше того, на тлі значного браку широкої суспільної підтримки енергетичних трансформацій та реформування чинних систем субсидування викопної енергетики спостерігається нездатність національних урядів цих держав здійснювати оперативну переорієнтацію отриманих у результаті економії бюджету коштів на програми компенсування середньому класу і бідним верствам населення підвищення цін на енергоносії та розширення у такий спосіб платоспроможного попиту на товари і послуги.

Таблиця 3.1

**Кількість країн, котрі мають сформульовані стратегічні цілі
і впроваджувані національні політики у сфері зеленої енергетики**

Показник	Кількість	
	2019	2020
Країни, котрі мають сформульовані на законодавчому рівні стратегічні цілі у сфері розвитку відновлювальної енергетики	172	165
Країни з розробленими національними політиками у сфері відновлювальної енергетики	161	161
Країни, що мають сформульовані у нормативно-правовій базі стратегічні цілі у сфері відновлюваних джерел опалення й охолодження	49	19
Країни, котрі мають сформульовані на законодавчому рівні цілі у сфері розвитку низьковуглецевого транспорту	46	35
Країни, котрі мають сформульовані у нормативно-правовій базі цілі у сфері відновлюваної електроенергії	166	137
Країни з розробленими національними політиками у сфері теплорегулювання	22	22
Країни, котрі мають мандати на виробництво біопаливних сумішей	65	65
Країни з розробленими національними політиками у сфері споживання енергії	83	83
Країни з розробленими національними політиками у сфері накопичення енергії	113	113

Джерело: побудовано авторкою за даними [74].

Тож реалізація агресивних сценаріїв низьковуглецевого розвитку енергетики країн-експортерів викопних видів палива може не тільки негативно вплинути на структурну динаміку глобального попиту на нього, але й суттєво обмежити ефективність функціонування усіх ланок сформованих у світовому енергетичному секторі вартісних ланцюгів, спричиняючи при цьому украй деструктивні для національних економік цінові і податкові наслідки. При цьому не випускаємо з уваги ще одну важливу обставину: на сучасні процеси «озеленення» світового енергетичного комплексу потужний вплив справляють також існуючі глобальні диспропорції в емісії вуглецю (коли 80% їх викидів емітують країни, котрі володіють 13% глобальних запасів викопних видів енергоносіїв [207, с. 72]) та процеси його природної монополізації. Так, лише 8 країн світу володіють нині 80% глобальних запасів нафти, 9 держав – 75% запасів природного газу, а 5 країн – трьома чвертями вугілля [17]. Як результат – світовий ринок традиційних енергоносіїв завжди перебуває під потужним впливом як глобальної політики, так і корпоративних стратегій та бізнес-моделей багатонаціональних корпорацій-гігантів енергетичного сектору.

Якщо ж оперувати ціновими параметрами, то ще десятиліття назад, згідно оцінок Міжнародного енергетичного агентства, собівартість 1 кВт електричної енергії, виробленої вітрогенеруючими потужностями, була щонайменше у 1,3 – 2,6 рази більша, порівняно з тепловою генерацією, а сонцегенеруючими – у 4,3 – 8,6 рази відповідно. Це вже дало підстави цілій низці учених, фахівців й експертів (насамперед російських) стверджувати, що зазначений тренд суттєво гальмує реалізацію у світових координатах прискорених сценаріїв глобального енергетичного переходу. Більше того, окрім колосальних капіталовкладень, яких потребуватиме впровадження низьковуглецевих економічних рішень, глобальні енергетичні трансформації (навіть з урахуванням їх екологічної прогресивності та значного зниження капіталомісткості зелених технологій) потребуватимуть кількарázового зростання витрат на енергоспоживання – з поточних 8% глобального ВВП до майже 30% на період до 2035-2040 рр. [131, с. 17].

Разом з тим, міжнародна практика електрогенерації свідчить про те, що у період 2010-2020 рр. під впливом значного здешевлення технологій та впровадження інноваційних підходів до фінансування й експлуатації електрогенеруючих об'єктів світова середньозважена вартість електроенергії, виробленої наземними вітроелектростанціями, зменшилась майже на 60% – з 0,089 до 0,039 дол. США за 1 кВт / год. Як результат – станом на 2021 р. у Сполучених Штатах Америки від 77 до 91% (а в Індії від 87 до 91%) усіх розміщених на території держави вугільних енергопотужностей мали набагато вищі експлуатаційні витрати порівняно з новими сонячними фотоелектричними та вітровими електрогенеруючими потужностями [150, с. 5, 9]. Проекти ж промислових сонячних фотоелектричних систем, котрі перемогли у конкурсних торгах у 2021 р. та були введені в експлуатацію у 2022 р., вже сьогодні можуть забезпечити середню ціну електрогенерації на рівні 0,04 дол. США за 1 кВт / год. (рис. 3.1), що формує доволі обнадійливі перспективи щодо динамічного «озеленення» світового енергетичного комплексу.

Цілком природно, що станом на тепер, як можемо спостерігати, світова спільнота напрацювала цілу низку механізмів його «озеленення» та переведення на сталу модель розвитку. Зокрема, в останні двадцять-тридцять років у загальному

організаційному й інституційно-регуляторному «каркасі» економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій чітко виокремлюються *три її рівня: національний, регіональний і наднаціональний*. Вони суттєво відрізняються між собою як за спектром охоплених мотиваційним інструментарієм сфер функціонування енергетичного сектору, так і домінуючими їх важелями, широтою регуляторних повноважень владних інституцій та сферами регламентування економічних відносин, які виникають у функціонуванні глобальної енергетичної індустрії.

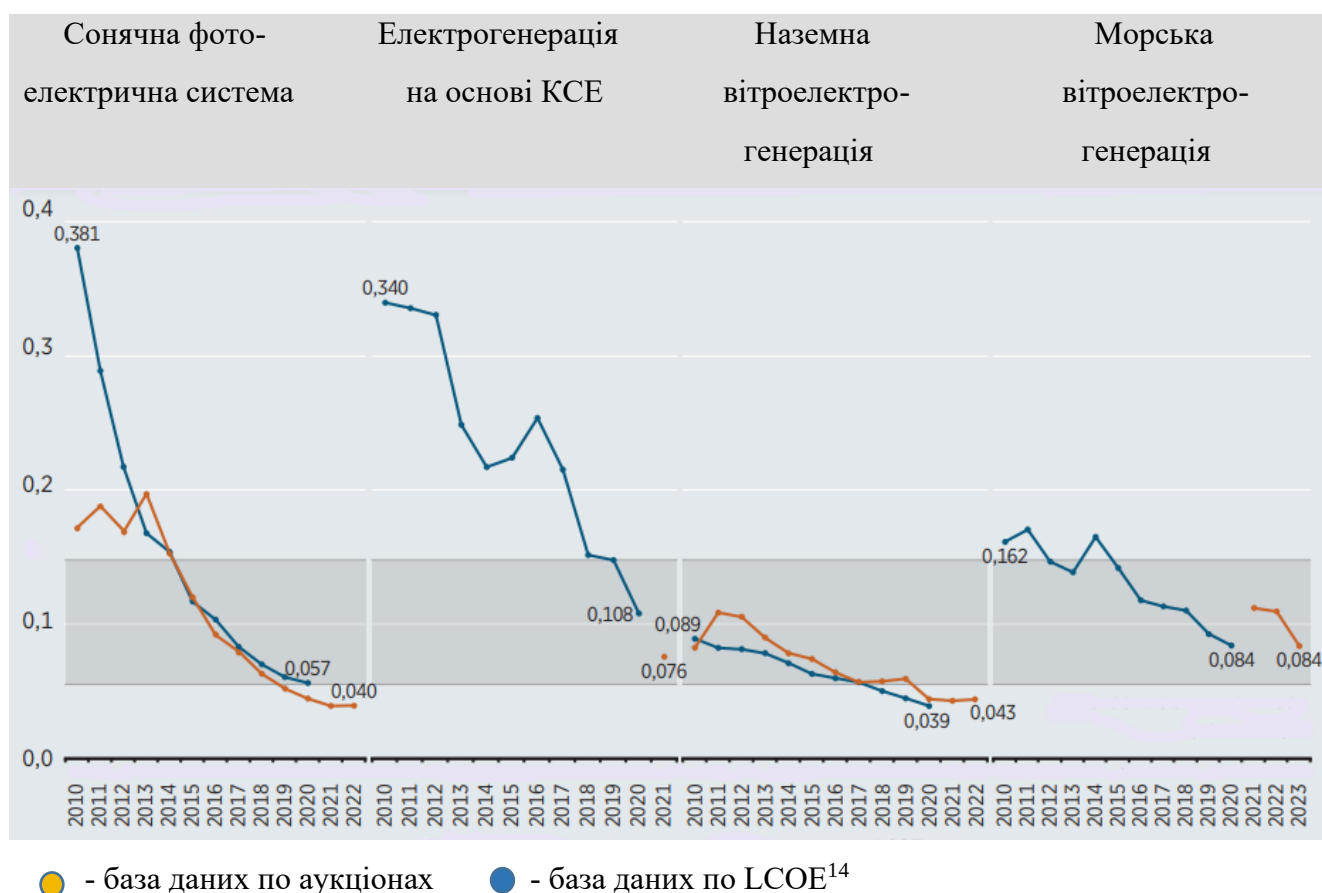


Рис. 3.1. Динаміка світових середньозважених цін аукціонів і цін LCOE сонячних фотоелектричних систем, наземних і морських вітроелектростанцій та станцій на основі КСЕ у 2010-2023 рр., дол. США за 1 кВт / год

Джерело: побудовано авторкою за даними [150, с. 8].

Реалізація мотиваційної системи енергетичних трансформацій на зазначених рівнях здійснюється державами, міжнародними організаціями, бізнес-структурами

¹⁴¹⁴ Примітка.

LCOE – вирівняна вартість електричної енергії, яка є мірою середньої чистої поточної вартості її виробництва для генераторів упродовж усього терміну їх експлуатації.

й інвесторами, а також ринком і споживачами, котрі у сукупності репрезентують її *суб'єктну структуру*. Водночас ключовими *об'єктними напрямками* впровадження мотиваційної системи енергетичних трансформацій є споживачі і виробники енергії; зелені енергогенеруючі потужності й обсяги зеленої енергогенерації; підтримка ДіР зеленого енергетичного профілю (дослідження, відтворення і споживання енергії); системи ліцензування і регламентування природо-користування; процеси залучення енергоресурсів у господарський обіг; система платежів за користування надрами; управління екологічними ризиками та ін. Ми ж у своєму дослідженні сконцентруємось виключно на функціональних вимірах економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій, котрі охоплюють *податково-бюджетні, тарифно-цінові та фінансові механізми*, здатні у сукупності забезпечити системну розбудову сталої моделі світового енергозабезпечення.

Тут варто зауважити, що усі зазначені механізми реалізуються у сучасній міжнародній господарській практиці на платформі державно-приватного партнерства. Зародившись ще у другій половині 1980-х років у сфері вітроенергетики, державно-приватне партнерство з роками трансформувалось у багатопрофільні і диверсифікованої форми коопераційної взаємодії національних урядів і приватних бізнесових структур у царині раціонального енергоспоживання й енергоощадності, інвестування зеленої енергетики і підвищення рівня її інноваційно-технологічної місткості, екологізації енергосектору і мінімізації його негативного впливу на довкілля. Саме державно-приватне партнерство у сфері зеленої енергетики (у формі контрактів на управління, лізингу, концесії, зеленої тарифікації, тендерів на реалізацію інвестиційних проєктів тощо) забезпечує приватним інвесторам повернення капіталовкладень, отримання від держави грантів, а також залучення коштів каналами державного і приватного фінансування. Одночасно держава завжди гарантує повернення інвестованих коштів та отримання доходів тим компаніям, котрі повною мірою відповідають встановленим кваліфікаційним вимогам до операторів зеленої енергетичної індустрії. Не випадково, ще в далеких 1990-х роках понад 90% реалізовуваних в Іспанії проєктів у сфері відновлювальної енергетики впроваджувались виключно

на інституційній платформі державно-приватного партнерства, тоді як для приватного капіталу відповідний показник не перевищував 10%. В якості одного з прикладів державно-приватного партнерства у сфері зеленої енергетики наведемо будівництво у м. Мілуокі (штат Вісконсин, США) біогазової станції потужністю 2 МВт, яка на основі органічних відходів виробляє електричну і теплову енергію. Хоча власником зазначеної станції є місцева громада, однак для реалізації даного проєкту Міністерством енергетики США було виділено грант у розмірі 2,6 млн дол. США та одночасно укладено угоду про купівлю електроенергії терміном на 15 років. Своєю чергою, для будівництва сонячної електростанції у м. Датун (провінція Шаньсі, Китай) було створено спільне підприємство за участі приватної корпорації Yingli Green Energy (30% капіталу СП) та державної вугільної корпорації Shuozhou Coal Power Co. за активної фінансової підтримки уряду провінції Шаньсі.

Конкретизуємо й комплексно охарактеризуємо *податково-бюджетні механізми економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій*. Станом на тепер національними урядами впроваджується доволі розвинена система заохочення зеленої енергетики, за якої переважна більшість податкових пільг надається урядами і місцевими органами державної влади з використанням таких форм оподаткування як: податки з «незелених» технологій та технологічного обладнання; оподаткування сировини і палива, залученого до виробництва енерготоварів; оподаткування емітованих при виробництві викидів за умови, що його розмір буде більшим порівняно з витратами бізнес-структур на встановлення очисних споруд. Державна регуляторна діяльність характеризується фронтальним застосуванням селективного підходу щодо кожного окремо взятого проєкту зеленої енергетики із застосуванням достатньо диверсифікованого податкового арсеналу – від податкових преференцій і субсидій до податкових кредитів і вилучень, спеціальних режимів оподаткування, диференційованого оподаткування традиційної і зеленої енергетики, прискореної амортизації електрогенеруючого технологічного обладнання, податків на викиди вуглецю у результаті спалювання викопного палива, податків на нафтопродуктові відходи тощо (додаток П).

Так, *інвестиційні податкові стимули* застосовуються сьогодні як для виробників, так і споживачів зеленої енергії, а також невеликих клієнт-орієнтованих та сервісних компаній, котрі спеціалізуються на постачанні різного виду генераторного і когенераторного обладнання для обігріву, освітлення і вентиляції житлових і комерційних приміщень. Своєю чергою, інструмент податкових вилучень поширюється не тільки на вартість самого технологічного обладнання, залученого до зеленої електрогенерації, але й вартість його установки, оскільки остання у багатьох випадках може бути співвимірною з вартістю основних фондів. І хоча подібного роду інструмент справляє потужний стимулюючий вплив на індивідуальних власників житлових приміщень і бізнес-структури щодо купівлі когенераційного обладнання, однак ціла низка європейських країн вдаються до відміни чинної практики надання енерговиробникам податкових кредитів з причин необхідності здійснення постійного моніторингу кількісних і структурних параметрів їх економічної діяльності, а отже – доволі значних трансакційних витрат на адміністрування процесу податкового кредитування. Відтак – цілком реальна заміна податкових кредитів вбачається зазначеними країнами у застосуванні податкових вилучень на купівлю й установлення електрогенеруючого та енергозберігаючого обладнання, завдяки чому досягаються ті ж самі стимулюючі цілі, що і за умов виробничого податкового кредиту, однак за набагато менших розмірів витрат на податкове адміністрування [138, с. 23].

Важливо зазначити, що оподаткування енергетичного сектору за своєю економічною природою є нічим іншим як потужним бюджетним інструментом стимулювання вибору суб'єктами господарювання зеленої енергетики. Так, у сучасній міжнародній господарській практиці у сегменті податкового стимулювання зеленої енергетики найбільшого поширення отримали так звані «вуглецевий» та «сірчаний» податки. Зокрема, в Японії з метою державного контролю обсягів викидів вихлопних газів широкого поширення отримали диференційовані податки на автомобільний транспорт із запровадженням спеціальних (знижених) податків на електромобільні транспортні засоби та додаткових податкових надбавок на екологічно брудні види транспорту.

Свою чергою, у Фінляндії і Нідерландах запроваджені податки на вуглецеві викиди, емітовані спалюванням викопних видів палива; а у країнах Європейського Союзу (ЄС – 27) податки на енергетику становлять нині понад трьох чвертей загального обсягу отриманих до національних бюджетів країн-членів екологічних податків, що вже спонукало Єврокомісію у рамках реалізації Європейського зеленого курсу (*англ. – European Green Deal*) узгодити оподаткування енергетичних секторів з кліматичними цілями. Зокрема, у 2019 р. з 330 млрд євро сплачених в ЄС-27 екологічних податків 258 млрд (78%) припало на податки на енергію на ціноутворення на вуглець; 62 млрд (19%) – на транспортні податки (за виключенням податків на паливні енергоресурси); 10 млрд (3%) – на інші податки на екологічне забруднення / ресурси, за виключенням податків на викиди CO₂ (рис. 3.2).

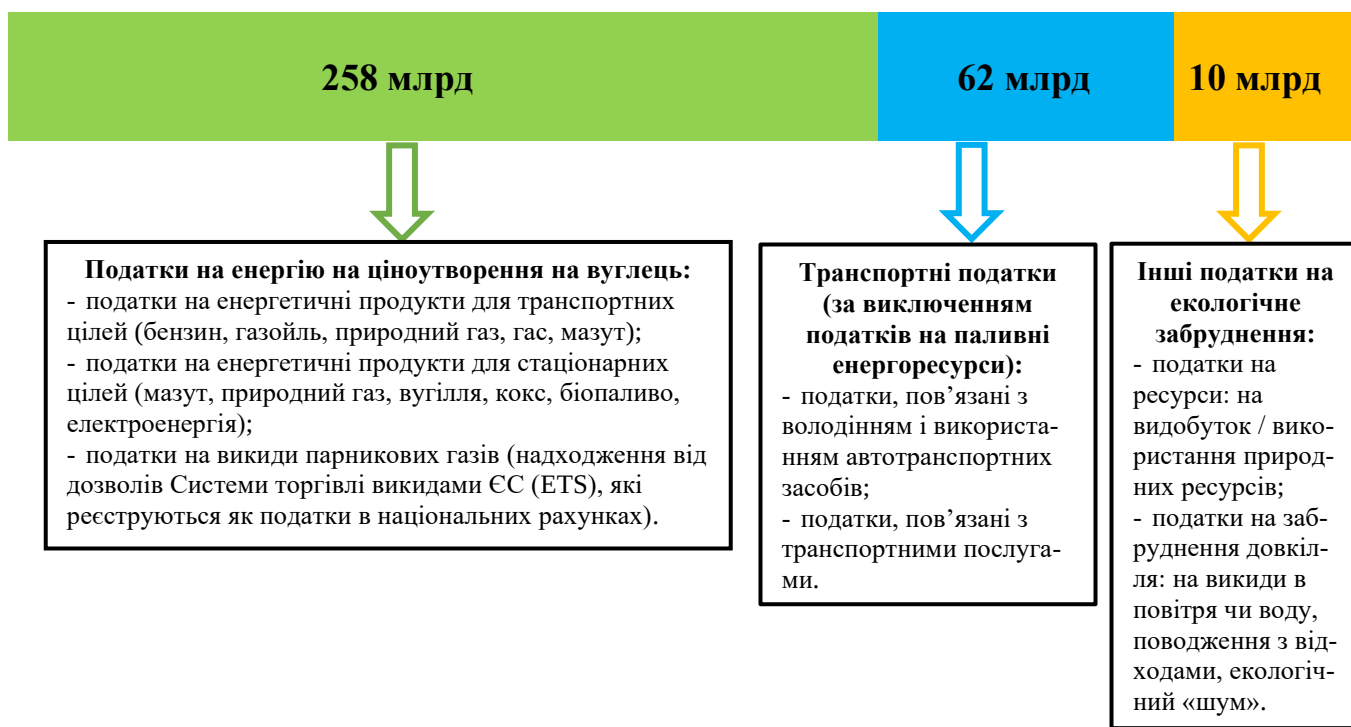


Рис. 3.2. Структура екологічних податків у ЄС-27 у 2019 р.

Джерело: побудовано авторкою за даними [44, с. 6].

Що ж стосується Сполучених Штатів Америки, то тут відносно виробників зеленої енергії застосовуються такі інструменти податкового стимулювання як: *інвестиційний податковий кредит та різного роду податкові пільги*. Так, у випадку інвестиційного податкового кредиту, поряд з відстрочкою термінів виконання економічними суб'єктами своїх податкових зобов'язань, у США (на

відміну від інших держав) зменшується також розмір оподатковуваної бази на суму здійснених економічними суб'єктами інвестиційних капіталовкладень у зелену електрогенерацію (купівлю землі, технологічного обладнання тощо). Завдяки цьому досягається ключова мета – трансформація високоризикових інвестицій в зелені енергетичні об'єкти зі значними термінами окупності у більш рентабельні й економічно вигідні активи.

Зазначені податкові стимули упродовж наступного десятиліття забезпечать, як очікується, масштабне нарощування обсягів приватних інвестиційних капіталовкладень у чисту енергію за одночасної підтримки створення високооплачуваних нових робочих місць у зеленому енергетичному секторі на усій території США. Наприклад, для проєктів з будівництва у цій державі об'єктів сонячної енергетики, котрі стартували у 2020 р., розмір податкових пільг було збільшено до 26%, а для проєктів 2021 р. вони становили 22% за умови завершення будівництва до 2024 р. Подібного роду збільшення розміру податкових пільг вже у найближчі роки залучить, за оцінками експертів, додаткові 125 млрд дол. США приватного інвестування, що стане потужним імпульсом енергетичної трансформації американської економіки.

Згідно ж ухваленого у Сполучених Штатах Америки у серпні 2022 р. Закону про зниження інфляції¹⁵, з-поміж багатьох заходів фінансування програм і проєктів у царині боротьби з кліматичними змінами передбачено виділення з федерального бюджету 270,5 млрд дол. США на надання зелених податкових кредитів на період 2022-2031 рр. (рис. 3.3). З них найбільші обсяги фінансування підуть на інвестиційні податкові кредити на відновлювальну енергію та чисту електроенергію (64,8 млрд, або 24% загального фінансування); а також податкові кредити на відновлювальну енергію та чисте виробництво електроенергії (62,3 млрд, 23%), чисте виробництво (36,9 млрд, 14%), житлову та комерційну енергетику, ефективну та чисту електроенергію (36,6 млрд, 13%).

¹⁵ Примітка.

Закон про зниження інфляції Сполучених Штатів Америки передбачає реалізацію в державі податкових реформ, нарощування інвестиційних капіталовкладень у систему охорони здоров'я та 369 млрд дол. США інвестицій у подолання кліматичної кризи [199].

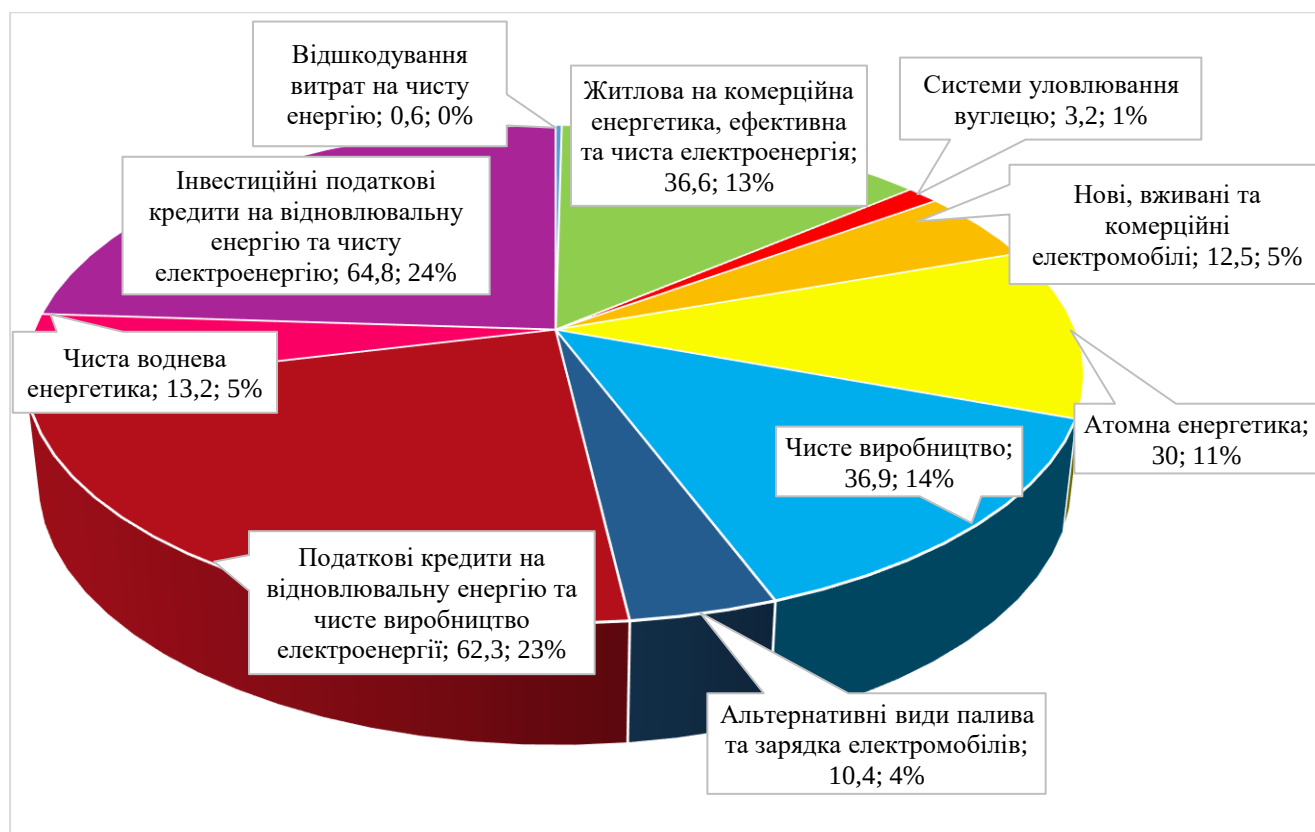


Рис. 3.3. Структура витрат федерального бюджету США на надання зелених податкових кредитів на період 2022-2031 рр. (згідно Закону про зниження інфляції 2022 р.), млрд дол. США, % загального підсумку

Джерело: побудовано авторкою за даними [13].

Зазначеним законом передбачено також виділення з федерального бюджету 30 млрд дол. США у формі податкових пільг на чисту енергію для сонячної і вітрової енергії, а також зберігання акумуляторів. Саме зазначений захід, як очікується, дасть змогу кожному домогосподарству США заощадити понад 1 тис дол. США у рік на оплаті комунальних послуг, а також забезпечить суттєве послаблення для американських родин енергетичного тягара та 40%-не зменшення вуглецевих викидів економіки держави на період до 2030 р. Не менш вагомими результатами імплементації даного закону є також чотириразове збільшення на період до 2030 р. потужності сонячної та подвоєння – вітрової електрогенерації, що забезпечуватиме електроенергією понад 1 млн середніх житлових будинків у США [199].

Окрім того, Закон про зниження інфляції суттєво збільшує період (до 10 років) застосування податкових кредитів на виробництво зеленої енергії та інвестування зеленої енергетики, запроваджує механізм так званої «прямої оплати», а також

значно розширює коло економічних суб'єктів, котрі можуть скористатись даними податковими інструментами. Зокрема, до ухвалення даного закону податковими пільгами при встановленні сонячних панелей, вітряних турбін чи інших подібного роду зелених енергетичних об'єктів могли скористатись лише власники приватних будинків та комерційні організації з податковими зобов'язаннями, нині ж – навіть економічні суб'єкти, які не підлягають оподаткуванню. Даний закон залишає чинними податкові кредити на чисту енергію для комерційних організацій до 2025р., а також запроваджує новий вид конвертованої у торговельній точці податкової пільги (у розмірі 30%), яка застосовується для автономного зберігання у житлових приміщеннях акумуляторів ємністю більше 3 кВт / год (табл. 3.2). Це започатковує новий етап у розвитку зеленої енергетики Сполучених Штатів Америки завдяки економічному стимулюванню процесів встановлення розподілених накопичувачів енергії.

Таблиця 3.2

Види застосовуваних у Сполучених Штатах Америки податкових кредитів на чисту енергію (згідно Закону про зниження інфляції 2022 р.)

Об'єкт застосування податкової пільги	Тип податкової пільги	Розмір податкової пільги, %	Рік початку застосування
Сонячні електростанції, встановлені на дахах будинків	Податковий кредит	30	2022
Малі вітрові електростанції	Податковий кредит	30	2022
Енергозберігаючі потужності	Податковий кредит	30	2023
Енергозберігаючі потужності на дахах будинків або громадські сонячні електростанції для некомерційних організацій	Податкова знижка	30	2023
Енергозберігаючі потужності для некомерційних організацій	Податкова знижка	30	2023

Джерело: побудовано авторкою за даними [199].

У характеристиці податково-бюджетного механізму економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій окремої уваги заслуговує також інструмент *зниження податків на власність*, завдяки якому може бути еліміновано до 100% загальної суми на нерухоме майно, землю та основні виробничі засоби, залучені у процес виробництва електроенергії з зелених джерел. Застосування даного інструменту набуває особливого значення при впровадженні

капіталомістких технологій, оскільки за таких умов податки на власність стають причиною суттєвого посилення податкового тягара на виробництво 1 кВт / год. електроенергії порівняно з менш капіталомісткими енергетичними технологіями виробництва електроенергії з традиційних викопних енергоджерел. Відтак – завдяки застосуванню інструмента зниження ставки податку на майно створюється своєрідний податковий паритет між виробниками електроенергії, виробленої на основі зелених і традиційних енергетичних технологій [138, с. 22].

З огляду на це, велика кількість країн, котрі використовують замість корпоративного податку на прибуток *податок на додану вартість*, вдаються до застосування останнього з метою стимулювання виробництва електричної енергії з зелених енергоджерел. Зокрема, у Великобританії до електрогенеруючих компаній в сегменті сонячної енергетики застосовують 5%-ний податок на додану вартість, в Італії – 10%-ний, а в Чехії – 5%-ний податок на виробників гідро-, сонячної і вітрової електроенергії, енергії біомаси (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Податок на додану вартість електрогенеруючих компаній
в сегменті зеленої енергетики за окремими країнами Європи**

Країна	Звичайна ставка ПДВ, %	Ставка ПДВ у секторі зеленої енергетики, %	Зелені енергетичні технології, на які поширюється знижена ставка ПДВ
Великобританія	17,5	5,0	Сонячні панелі
Німеччина	19,0	7,0	Пелетні системи
Італія	20,0	10,0	Сонячна і вітрова енергетика, гідроенергія, біомаса
Чехія	22,0	5,0	Сонячна і вітрова енергетика, гідроенергія, біомаса

Джерело: побудовано авторкою за даними [138, с. 23].

Своєю чергою, у Франції, згідно Закону про фінанси №99-1172 2000 р., купівля товарів здійснюється за зниженою ставкою ПДВ за умов, якщо їх виробництво пов'язане з інвестиційними капіталовкладеннями в енергетичне удосконалення, перетворення, оснащення, консервацію чи часткове переобладнання будівель, побудованих більше двох років тому. Водночас Законом №2000-1352 у Франції було запроваджено механізм податкового кредиту для відновлюваних джерел енергії та знижену ставку ПДВ для них у розмірі 7%. Знижена ставка податку на

додану вартість поширюється на послуги, обладнання та доставку зеленої енергії за умов повної відповідності електрогенеруючого обладнання встановленим техніко-технологічним вимогам [194]. Разом з тим, усі конкурентні переваги податку на додану вартість нівелюються у секторі зеленої енергетики за умов його нарахування не на обсяги електрогенерації, а на капітальні вкладення у виробничий процес, що вимагає від держав впровадження доволі обережних підходів при його адмініструванні.

Ще один напрям податково-бюджетного стимулювання глобальних енергетичних трансформацій – це *зменшення акцизних зборів*, яке дає змогу споживачам уникнути сплати до 100% податку з продажів при купівлі зеленої енергії чи обладнання, залученого до її виробництва. Завдяки цьому досягається стратегічна мета – стимулювання споживчого попиту на зелену енергію, а відтак – чимало європейських країн оподатковують продажі електроенергії, виробленої з традиційних викопних видів палива, не оподатковуючи при цьому продажі електричної енергії, виробленої з відновлювальних джерел. Окрім того, нерідко застосовується також інструмент повернення частини акцизних зборів при купівлі залученого до виробництва електроенергії технологічного обладнання, який укупі з інвестиційним податковим кредитом, з одного боку, справляє потужний стимулюючий вплив на нарощування попиту на зелену енергію, а з другого – забезпечує запровадження у національних економіках екологічно орієнтованих стандартів енергоспоживання.

Нарешті, особливої уваги у контексті аналізу податково-бюджетного стимулювання глобальних енергетичних трансформацій заслуговує також *інструмент прискореної амортизації зеленого енергогенеруючого обладнання*. За звичайного терміну його експлуатації від 20 до 30 років застосування підвищених ставок прискореної амортизації дає змогу зменшити даний термін до 15 років. Завдяки цьому не тільки суттєво зменшується оподатковувана база, але й збільшуються доходи інвесторів зеленої енергетики завдяки підвищенню чистої поточної вартості довгострокових і капіталомістких інвестиційних проєктів [138, с. 24].

Що стосується *тарифно-цінових механізмів економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій*, то у їх характеристиці на найбільшу увагу заслуговують стимулюючі інструменти, котрі мають стосунок до *регулювання цін, рівня виробничих витрат та обсягів зеленої електрогенерації*. Так, до групи *стимулів регуляторно-цінового напрямку* належать насамперед підтримка цін на енергоносії на основі фіксованої тарифікації (*англ. – feed-in tariff – FIT*), прямі державні трансферти, кількісні обмеження експорту та імпорту енергії, зниження цін на дозволи і ліцензії, пільгові проценти за кредитами, перенесення ризиків та ін. [44, с. 7, 23].

Що стосується *фіксованих тарифів*, то вони передбачають встановлення для виробників зеленої енергії фіксованих цін на неї на рівні вищому від ринкових та незалежно від динаміки цінової кон'юнктури ринку. Завдяки цьому адміністрування подібного роду тарифів є доволі простим, хоча й вимагає проведення складних розрахунків та періодичного перегляду тарифів з причин амортизації вартості енергогенеруючого обладнання. Водночас цінові надбавки чи премії (*англ. – feed-in premium – FIP*) зорієнтовані на продаж енергопродуцентами виробленої енергії за ринковими цінами з подальшим отриманням на кожен її одиницю додаткової премії. Остання може набувати фіксованого чи змінного розміру на кожен одиницю виробленої енергії (у формі додаткової плати за споживання зеленої енергії чи в режимі ко- та тригенерації) залежно від динаміки ринкової кон'юнктури) з метою пом'якшення цінових ризиків для енерговиробників.

Якщо характеризувати *витратну групу тарифно-цінових стимулів енергетичних трансформацій*, то тут найбільшого поширення отримали інструменти *преференційного інвестування зеленої енергетики*, її державного і муніципального субсидування, субсидування позичкового капіталу та інвестиційних витрат на енергетичні проєкти, запровадження нульових кредитних ставок з подальшою компенсацією кредиторам доходів зі спеціальних фондів та ін. І, нарешті, до групи стимулів за *обсягами зеленої електрогенерації* належать енергетичне квотування на основі системи зелених сертифікатів, торги (тендери) на поставки зеленої електроенергії, сальдований облік її споживання, угоди про

закупівлю електричної енергії (англ. – *power purchase agreement – PPA*), фінансування досліджень і розробок зеленого енергетичного напрямку та ін.

Що стосується реальної господарської практики застосування перерахованих вище груп тарифно-цінових стимулів, то, наприклад, у Європейському Союзі застосовується на сьогодні практично увесь їх арсенал. Зокрема, загальна річна сума субсидій на зелену енергетику у період з 2008 р. до 2020 р. збільшилась з 20 [44, с. 25] до 77 млрд євро (рис. 3.4), що становить 43,5% сукупного обсягу енергетичних субсидій на кінець періоду (загальна сума яких досягла у 2020 р. 177 млрд євро) [51, с. 25].

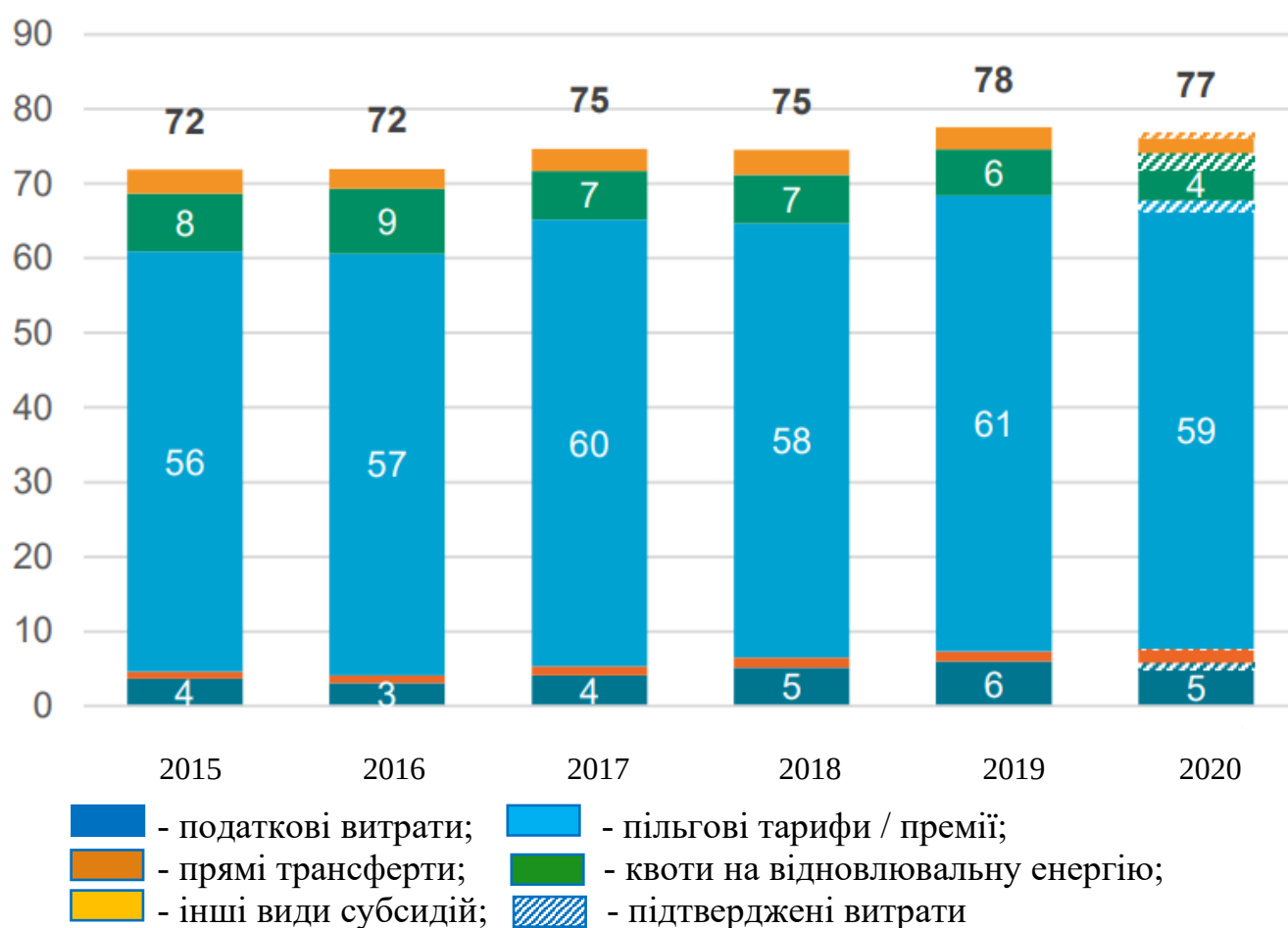


Рис. 3.4. Структура субсидій на зелену енергетику у Європейському Союзі у 2015-2020 рр., млрд євро

Джерело: побудовано авторкою за даними [51, с. 33].

Варто також додати, що у структурі зеленого енергетичного субсидування найбільша частка витрат припадає на цінову підтримку енергетики у формі пільгових тарифів і премій (75-80% у 2015-2020 рр.); далі йдуть квоти на відновлювальну енергію (7-12%) та податкові витрати (7-8%), котрі напряду

визначають ефективну ставку оподаткування енергетичного сектору. Наголосимо, що саме зростання субсидій на зелену енергетику забезпечило зростання її частки в енергетичному балансі Європейського Союзу з 12,6% у 2008 р. до 19,7% у 2019р. Одночасно збільшились у ЄС і субсидії на енергоефективність з 7 до 15 млрд євро у рік упродовж 2008-2018 рр. При цьому найбільшими отримувачами коштів за програмами енергоефективності були європейські домогосподарства [44, с. 26], що підтверджує пріоритетність у впровадженні енергетичних трансформацій у даному інтеграційному угрупованні саме сфери споживання. Загальна ж динаміка показників субсидування зеленої енергетики свідчить про досягнення державами-членами ЄС своїх кліматичних цілей.

Водночас *угоди про закупівлю електричної енергії* передбачають надходження на нестабільних ринках електроенергії регулярних платежів для тих приватних компаній, котрі реалізують проєкти у сфері зеленої енергетики та продають вироблену на власних технологічних потужностях електричну енергію державним підприємствам та корпоративним кінцевим споживачам упродовж фіксованого періоду часу. Про сучасні масштаби поширення подібного роду угод свідчить, зокрема, глобальний річний обсяг електричної енергії, який був придбаний за корпоративними угодами про її закупівлю: він збільшився з 0,2 ГВт у 2008 р. до 19,5 ГВт у 2019 р. та до 31,3 ГВт у 2021 р. (рис. 3.5). У 2021 р. майже 140 компаній зі штаб-квартирами у 32 країнах світу підписали корпоративні угоди про закупівлю електроенергії [160].

Зауважимо, що головні конкурентні переваги угод про закупівлю електричної енергії для покупців впливають з отриманих ними можливостей озеленення та планування власних господарських операцій, особливо за умов наростаючої цінової волатильності глобальних енергетичних ринків та реалізації не підтримуваних з боку держави проєктів у сфері зеленої енергетики. Не випадково, угоди про закупівлю електроенергії у більшості випадків укладаються при реалізації концесійних проєктів, включаючи й ті, що реалізуються на інституційній платформі проєктів типу BOT (*англ. – build – operate – transfer*) – будівництво – експлуатація – передавання.

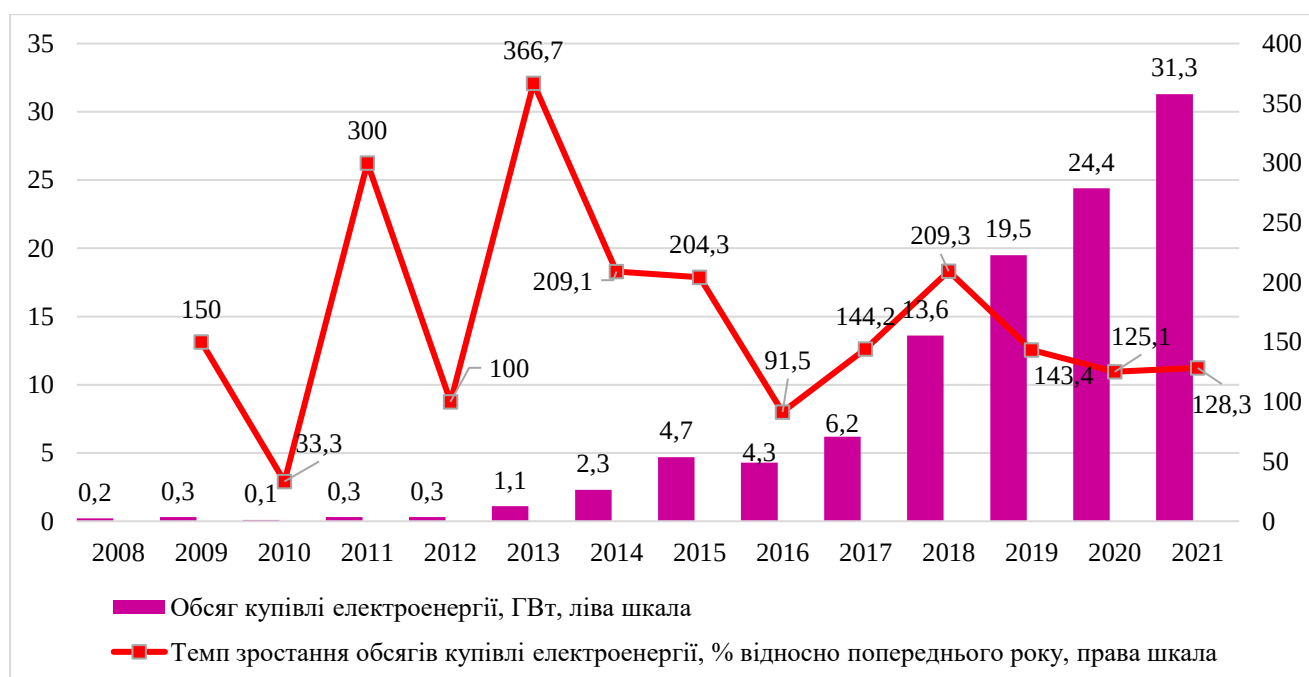


Рис. 3.5. Глобальний річний обсяг електричної енергії, який був придбаний за корпоративними угодами про її закупівлю, у 2008-2021 рр.

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [167; 160; 75].

Так, в останні роки Європейський інвестиційний банк активно підтримує велику кількість підкріплених угодами про закупівлю електричної енергії інвестиційних проєктів у царині зеленої енергетики. Одним з красномовних прикладів такої підтримки є проєкт фінансування ЄІБ вітряної електростанції Markbygden ЕТТ на півночі Швеції, котра, згідно укладеної 19-річної угоди, продає згенеровану електричну енергію дочірньому підрозділу норвезького гіганта алюмінієвої промисловості – корпорації Norsk Hydro. Своєю чергою, в рамках 10-річної угоди локалізована на півдні Іспанії сонячна електростанція Cabrera Solar PV продає електричну енергію інтернет-гіганту Amazon, який лише у 2021 р. придбав 6,2 ГВт електроенергії за 44-ма підписаними подібного роду угодами в дев'яти країнах світу [160].

Тут варто нагадати, що угоди про закупівлю електричної енергії в якості тарифно-цінового механізму мотивації зелених енергетичних трансформацій отримали найбільшого поширення у Сполучених Штатах Америки, де, на відміну від європейських країн, вони активно використовуються замість інструментів зеленої тарифікації та тендерів. Основними факторами, котрі гальмують розвиток даного інструменту в Європі, є насамперед його доволі високий ціновий ризик та

загалом невисока кредитоспроможність покупців електричної енергії на даному сегменті енергетичного ринку. Тож жорстка конкуренція, яка тут склалась, суттєво знижує мотивацію великих покупців електроенергії промислового сектору з обмеженою схильністю до ризику щодо укладення довгострокових контрактів з фіксованою ціною. З урахуванням же пріоритетності в «озелененні» європейської енергетичної системи офшорної вітрової електроенергетики (яка, як відомо, характеризується високою капіталомісткістю і довготривалістю будівництва електрогенеруючих потужностей) створюються додаткові перешкоди на шляху поширення в європейських країнах угод про закупівлю електричної енергії.

У комплексній характеристиці тарифно-цінових механізмів економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій не можемо оминати увагою й купівлю бізнесовими і підприємницькими структурами так званих відновлювальних енергетичних сертифікатів (англ. – renewable energy certificates – REC). Купівля зазначеного ринкового інструменту прирівнюється до виробництва і продажу на ринку 1 МВт / год відновлюваної енергії. Відтак – він дає компаніям можливість досягнення визначених цільових показників викидів парникових газів і підвищення сталості економічної діяльності без зміни при цьому чинної структури енергоспоживання та без прив'язки до ринкового обігу власне енергії, котра обертається на спеціальних ринках і за спеціальними цінами.

Водночас при реалізації експортно-імпортних операцій з відновлювальними джерелами енергії автоматично актуалізується питання щодо відповідного їх супроводження експортом та імпортом зелених екологічних сертифікатів та налагодження системи обліку їх транскордонного руху. Якщо говорити про сучасні масштаби поширення відновлювальних енергетичних сертифікатів, то попри наявність такого їх недоліку як доволі низька ціна (що суттєво звужує економічний ресурс запуску масштабних обсягів нових технологічних потужностей зеленої енергетики), на період до 2030 р. капіталізація глобального ринку зазначених інструментів досягне, за оцінками міжнародних експертів, відмітки у понад 100 млрд дол. США (для порівняння: у 2021 р. вона становила 12,7 млрд) за середньорічного темпу приросту даного показника на рівні 25,9% у період 2021-2030 рр. [147].

Наприклад, у Великобританії у ринковому обігу перебуває нині такий інструмент як відновлювальні облігаційні сертифікати (*англ. – Renewables Obligation Certificates – ROCs*). Даний інструмент зобов'язує усіх ліцензованих у державі постачальників електроенергії певну її частку (від 5,5% у 2005-2006 рр. до 15,4% у 2015-2016 рр.) виробляти за рахунок відновлювальних джерел. При цьому при виникненні будь-яких ускладнень з виконанням зобов'язань енергопостачальники можуть купувати зелені сертифікати з метою покриття існуючого браку поставленої електроенергії за визначеними ринком цінами або сплачувати 30 фунтів стерлінгів за кожен недопоставлений МВт / год відновлювальної енергії.

Своєю чергою, у Сполучених Штатах Америки на сьогодні широкого поширення отримали так звані *Кредити на відновлювальну енергетику* (*англ. – Renewable Energy Credits – RECs*), а 21 штат та округ Колумбія адаптували на своїй території систему *Портфельних стандартів відновлювальної енергетики* (*англ. – (Renewable Portfolio Standards – RPS)*). Кредити на відновлювальну енергетику за своєю природою дуже нагадують чинні у цілій низці розвинутих країн світу системи квотування, у рамках яких державні установи видають зелені сертифікати тим енергетичним компаніям, котрі при виробництві електроенергії застосовують відновлювальні джерела енергії. При цьому даним інструментом можна вільно торгувати на відкритих енергетичних ринках, що створює потужні стимули для продуцентів зеленої енергії [149]. Так, згідно Закону про зниження інфляції (2022р.), планується виділити на період до вересня 2031 р. 9,7 млрд дол. США у формі кредитів і грантів на інвестиції в зелену енергетику для забезпечення довгострокової енергетичної сталості, надійності та доступності сільських електричних систем. Зазначені інвестиції мають бути вкладені у системи відновлюваної енергетики, реалізацію заходів з питань енергоефективності, скорочення викидів парникових газів та налагодження виробництва з нульовим рівнем викидів [199].

Що ж стосується Портфельних стандартів відновлювальної енергетики, то за своєю сутністю вони нагадують британські відновлювальні облігаційні сертифікати, згідно яких від комунальних підприємств вимагається, щоб певна

частка проданої ними електроенергії вироблялась на основі відновлювальних ресурсів. Так, у структурному розподілі кумулятивних потужностей чинної у США системи Портфельних стандартів відновлювальної енергетики у період 2000-2015рр. 64% припадало на вітрову, 30% – сонячну, 1% – геотермальну енергетику, а 5% – на енергетику біомаси [34].

І, нарешті, *фінансовий механізм економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій* впроваджують на сьогодні держави, бізнес-структури, інституційні інвестори, банки, дохідні компанії і пенсійні фонди, фонди суверенного багатства й інфраструктурні фонди, ETF-біржові і пайові інвестиційні фонди, управляючі активами та різного роду фінансові інститути у рамках програм і проєктів так званого зеленого фінансування (*англ. – green finance*). У його арсеналі найважливішу роль відіграють інструменти *зелених облігацій і зелених банківських кредитів, зеленого страхування і технічної допомоги, сек'юрітизації і зеленої брокерської діяльності*. Значення зазначених фінансових інструментів стимулювання енергетичних трансформацій дуже важко переоцінити з огляду на масштаби інвестиційних капіталовкладень, котрі вони потребують. Достатньо навести лише прогнозні оцінки Міжнародного енергетичного агентства та компанії *Bloomberg New Energy Finance*, згідно яких тільки у будівництво нових інфраструктурних об'єктів відновлювальної енергетики (без урахування гідроелектростанцій) необхідно буде упродовж 2015-2040 рр. щорічно інвестувати від 220 до 329 млрд дол. США або ж від 323 до 590 млрд у випадку реалізації зеленого сценарію [130, с. 7].

Цілком природно, що подібного масштабу капіталовкладення є непідйомними для державного бюджету, що потребує залучення приватного фінансового капіталу зазначених вище економічних суб'єктів у реалізацію зелених енергетичних проєктів на основі купівлі ними специфічних фінансових інструментів. Так, у сучасній структурі зеленого фінансування низьковуглецевих й відновлювально-енергетичних програм і проєктів понад 65% припадає на пряме банківське кредитування. Нині майже три сотні світових банків (які концентрують біля 40% глобальних банківських активів) з метою екологізації й «озеленення» економічних операцій впроваджують у свою діяльність так звані Принципи відповідального

банкінгу (*англ. – Principles For Responsible Banking*) [135]. Тільки у 2020 р. топ-10 світових банківських установ емітували зелених банківських облігацій на загальну суму 45,8 млрд дол. США, значна частина якої була спрямована на розвиток зелених енергетичних проєктів. З-поміж таких інституцій слід відзначити, зокрема, китайські Industrial & Commercial Bank (9,8 млрд емітованих облігацій), Bank of China Limited (8,7 млрд) та China Construction Bank (4,3 млрд); американські Bank of America (6,4 млрд) та Citigroup (2,9 млрд); французькі BNP Paribas (3,7 млрд) та Credit Agricole (3,6 млрд) та ін. (рис. 3.6).

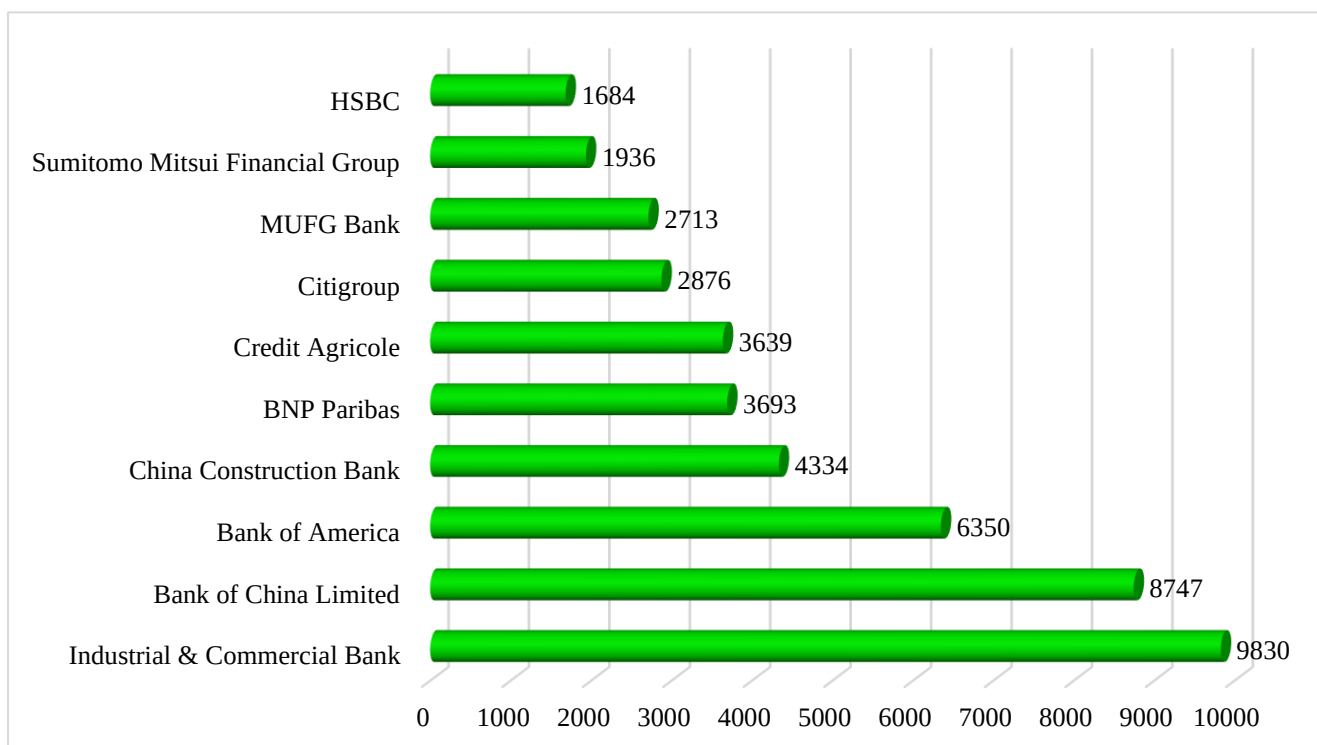


Рис. 3.6. Вартісний обсяг емісії зелених облігацій топ – 10 банків світу у 2020 р., млн дол. США

Джерело: побудовано авторкою за даними [191].

Загалом же, тільки у США на зеленому кредитуванні (у тому числі з метою фінансування проєктів зеленої енергетики) спеціалізуються понад сотні банківських установ [161] і з року в рік ця цифра лише зростає. У 2017 р. американські зелені банки каналами облігаційного фінансування змогли залучити більше 2,7 млрд дол. США, котрі були вкладені у встановлення на 230 тис дахів приватних будинків фотоелектричних систем потужністю 5 кВт [26, с. 3]. Зазначений захід дав змогу суттєво розширити відновлювальний сегмент енергоспоживання американських домогосподарств та активізувати процеси

формування у них екологічно відповідальної споживчої поведінки у відповідності зі стратегічними цілями розбудови у глобальних координатах зеленої екосистеми.

Підбиваючи підсумок, наголосимо на такому: попри наявність доволі диверсифікованого арсеналу економічного стимулювання глобальних енергетичних трансформацій, вибір державами їх конкретних елементів напряму залежить від співвідношення соціально-економічних й екологічних ефектів від впровадження мотиваційних стимулів, з одного боку, та сукупними витратами на їх впровадження й адміністрування, з другого. Окрім того, до уваги беруться також стратегічні цілі сталого розвитку кожної держави та доступність різного роду фінансових джерел для впровадження конкретних механізмів й інструментів його стимулювання. Широка імплементація зазначеного інструментарію в останні десятиліття забезпечила високу динаміку розвитку зеленого сегменту національних енергетичних ринків держав-лідерів. Завдяки цьому вони домоглись не тільки значного послаблення антропогенного навантаження на довкілля, але й суттєвого підвищення рівня своєї зеленої конкурентоспроможності у глобальних координатах.

Одночасно широке застосування національними урядами ефективних мотиваційних стимулів енергетичних трансформацій забезпечило значне зниження рівня світових цін на зелені енергетичні технології, їх активне включення у міжнародний науково-технологічний трансфер та все більше долучення держав і цілих регіонів до інноваційних здобутків людства у царині «озеленення» економічної діяльності. Вже найближчими роками енергетичні екотехнології призведуть до суттєвого зниження вартості електричної генерації, що відкриває світовій спільноті широкі перспективи щодо переведення енергетичного комплексу на модель сталого розвитку.

Попри усі досягнуті переваги економічного стимулювання глобальних енергетичних трансформацій у найближчі десятиліття світовою спільнотою мають бути реалізовані рішучі заходи щодо запровадження на глобальному рівні системи антивуглецевого оподаткування. Антивуглецевий податок має стягуватись за фіксованою на міжнародному рівні ставкою, а кожна держава-підписантка Паризької кліматичної угоди має взяти на себе конкретні кількісні зобов'язання

щодо щорічного скорочення емісії CO₂ на період до 2035 р. При невиконанні взятих на себе екологічних зобов'язань для держав-порушниць має бути передбачений режим запровадження міжнародних антивуглецевих санкцій, розмір яких має розраховуватись з урахуванням нанесеної довкіллю шкоди та необхідних для його відновлення фінансових коштів.

Досягнення стратегічної мети щодо підвищення ефективності екологічного податкового інструментарію лежить також у площині запровадження відносно екологічно відповідальних товаровиробників системи стимулюючих податкових пільг і преференцій з метою формування ними масштабних фондів капітального нагромадження для проведення корпоративних ДіР енергетичного профілю. Ще один перспективний напрям – дворівневий вуглецевий транспортний податок, котрий має бути запроваджений на транспортні засоби з урахуванням обсягів їх вуглецевої емісії та типу використовуваного палива. Нарешті, значні економічні резерви стимулювання екологізації світового енергетичного комплексу закладені також у запровадженні системи екологічних штрафів, розмір яких має розраховуватись з урахуванням отриманими економічними суб'єктами вигодами від недотримання екологічного законодавства. Таким чином, усі зазначені напрями здатні вивести мотиваційну систему енергетичних трансформацій на якісно вищий щабель розвитку та досягнення світовою спільнотою значних соціально-економічних ефектів від екологізації енергетики.

3.2. Принципи і стратегічні пріоритети забезпечення глобальної енергетичної безпеки

Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК), посідаючи центральне місце у національних і світовій економічних системах та відіграючи провідну роль у глобальному суспільному прогресі, завжди перебував і перебуває нині під особливим контролем державних владних органів та інституцій наднаціонального управління. Його регулювання має на сьогодні доволі жорсткий, системний і всеохоплюючий характер та «пронизує» усі сформовані у ПЕК вартісні ланцюги, незалежно від форм власності енергетичних компаній. Саме від стану паливно-

енергетичних комплексів держав на пряму залежить рівень їх національної безпеки, який вирішальним чином визначає провідні векторні мегатренди економічного, політичного, соціального, науково-технологічного та фінансового розвитку країн у глобальних координатах.

Попри значну увагу, що їй приділяють національні уряди розвитку енергетичного сектору та регулюванню поточних ринкових параметрів його функціонування, залученню в ПЕК інвестиційного капіталу та високоефективних технологій, перманентній модернізації основних фондів і технологічного обладнання, стрімкі темпи інтернаціоналізації та глобалізації енергетики в останні десятиліття актуалізують питання щодо значного посилення енергетичної взаємозалежності держав і цілих регіонів. Це робить практично неможливим процес автономного вирішення країнами проблеми власного національного енергоспоживання, а отже – потребує ефективного розв’язання ними усього спектру питань щодо забезпечення енергетичної безпеки на регіональному і глобальному рівнях. Варто також нагадати, що глобальний етап розвитку світового енергетичного комплексу супроводжується потужною дією двох діаметрально спрямованих процесів. З одного боку, усі ми є свідками значного загострення конкурентної боротьби між ключовими енергетичними корпораціями-мейджорами за глобальну ресурсну базу, технологічні потужності з її переробки та сформовані у світовій енергетичній індустрії маршрутні канали та постачальницькі ланцюги. З другого боку, прикметною ознакою сучасності є наростаюча з року в рік міждержавна координація і взаємодія у царині регулювання енергосектору з формуванням в інституційному «каркасі» глобального енергетичного ринку якісно нових міжнародно-правових механізмів й економічного інструментарію його регулювання. Це має своїми закономірними наслідками не тільки посилення ролі існуючих та активне становлення нових глобальних і регіональних центрів ухвалення управлінських рішень у царині енергетичної політики, але й нівелювання впливу на глобальний енергетичний ринок факторів «хаотичної» і некерованої конкуренції. Синергетична дія зазначених чинників детермінує по суті глобальну архітектуру міжнародної енергетичної безпеки, зріла модель якої сформувалась на рубежі 1970-1980-х років після цілої низки нафтових шоків та

виокремлення у структурі національного економічного менеджменту держав тісно пов'язаних функціональних напрямів їх зовнішньої енергетичної політики та енергетичної дипломатії.

Під *глобальною енергетичною безпекою* авторка розуміє стан довгострокового, надійного, техногенно безпечного та економічно прийняттого задоволення поточних і перспективних потреб світової економіки різними видами енергії для сталого соціально-економічного розвитку держав і регіонів з мінімальним негативним впливом для навколишнього середовища, без надмірного виснаження ресурсного потенціалу світового суспільства та без перенесення непропорційно важкого екологічного тягаря на прийдешні покоління. В параметрах розбудови у світових координатах зеленої екосистеми глобальна енергетична безпека передбачає виробництво палива й електроенергії у тій кількості, такої якості, таких технічних і безпекових параметрів та за такою ціною, які вимагаються поточними умовами функціонування міжнародної економічної системи та здатні забезпечити постачання енергетичних товарів у країни, котрі мають у них потребу для нормального функціонування національних економік, гідних умов життя населення і належного захисту національних кордонів.

Подібного роду забезпеченість передбачає одночасне вирішення світовою спільнотою завдань своєрідного «безпекового енергетичного ромба», а саме: безпеки постачань енергоносіїв, безпеки їх транзиту, екологічної безпеки та безпеки світового попиту і пропонування. Що стосується безпеки постачань енергетичних товарів, то вона передбачає можливості їх довгострокових і стабільних поставок із зовнішніх джерел наявними інфраструктурними мережами та за адекватними поточній ринковій кон'юктурі цінами. Своєю чергою, безпека енерготранзиту безпосередньо пов'язана з ресурсними можливостями окремих держав надавати транзитні послуги з транспортування енергоносіїв своєю територією у треті країни. Екологічна безпека передбачає умови енергопостачань у дружній до навколишнього середовища спосіб, а безпека світового енергетичного попиту та пропонування – довгострокову стабільність та урівноваженість їх обсягів і структурних параметрів як запоруки стабільності глобального процесу розширеного суспільного відтворення енерготоварів.

Інакше кажучи, глобальна енергетична безпека передбачає досягнення світовою економікою такого стану, за якого будуть відсутніми будь-які реальні чи потенційні загрози національним енергетичним інтересам усіх держав щодо добування, перероблення, транспортування і споживання природних енергоресурсів і вироблених енерготоварів; а за умов виникнення подібного роду загроз – буде наявною система організаційно-економічних та інституційно-регуляторних заходів їх пом'якшення та усунення. А необхідною умовою досягнення такого стану є, з одного боку, оптимізація державами структурних параметрів національних енергетичних балансів, а з другого – раціональне й ефективне споживання ними енергоресурсів, здатне забезпечити необхідні умови функціонування їх народногосподарських комплексів та гідного життя населення.

Важливо також зазначити, що саме глобальний характер проблем енергетичної безпеки диктує нагальну необхідність розбудови загальносвітової системи управління енергоресурсним балансом в інтересах усього людства та з урахуванням усіх базових критеріїв щодо якості енергетичних товарів, їх ціни, доступності й екологічної безпеки. При цьому не випускаємо з уваги таку важливу обставину: усі ключові підсистеми глобальної енергетичної безпеки – економічний, воєнно-політичний, фінансовий, екологічний та технологічний – є тісно взаємопов'язаними. А відтак – навколо питань її забезпечення завжди існують потенційні загрози «спалахів» військових конфліктів та підвищення міжнародної напруги на ґрунті надмірної поляризації і фрагментації світового паливно-енергетичного комплексу з виокремленням у його структурі двох (нерідко протидіючих) полюсів – енергонадлишкових й енергозалежних країн, кожна з яких має свої власні національні інтереси на міжнародному поприщі.

На нашу думку, забезпечення глобальної енергетичної безпеки має ґрунтуватись на системі принципів, сукупність яких визначає, з одного боку, її економічний зміст, а з другого – чинну практику міждержавного співробітництва в енергетичній сфері та систему регуляторних інструментів щодо її забезпечення. *Головними з-поміж таких принципів є, на нашу думку, наступні:*

- по-перше, принцип науковості у розробленні та реалізації заходів щодо забезпечення глобальної енергетичної безпеки з повним урахуванням достовірних

фактів і наукових знань як про потреби світового господарства в енергоресурсах, так і можливі технології та економічні механізми їх забезпечення без нанесення шкоди довкіллю;

- по-друге, принцип справедливості у доступі до енергетичних ресурсів держав та їх економічних суб'єктів з одночасним застосуванням до них міжнародно уніфікованих стандартів та регуляторних норм енергоспоживання, а також санкційних інструментів за їх порушення;

- по-третє, принцип раціонального енергоспоживання, який передбачає обов'язкове впровадження державами широкого спектру енергоощадних й енергоефективних технологій, здатних забезпечити оптимізацію обсягів енергоспоживання, нарощування у них частки відновлювальних джерел, а також ефективне управління енергетичними ресурсами в інтересах прийдешніх поколінь;

- по-четверте, принцип конвергенції національних інтересів держав-власниць енергетичних ресурсів та країн-енергоспоживачів з недопущенням, з одного боку, «енергетичної експлуатації» країн-власниць ресурсів, а з другого – використання енергетики як засобу політичного і воєнно-силового тиску на держав-споживачів із застосуванням проти них відповідної торговельно-енергетичної «зброї»;

- по-п'яте, принцип міжнародно-правової відповідальності держав за невиконання взятих на себе зобов'язань у сфері світового енергозабезпечення, реалізацію несумлінних бізнес-практик та нанесення серйозної чи непоправної шкоди навколишньому середовищу;

- по-шосте, принцип системності у забезпеченні глобальної енергетичної безпеки, згідно якого її механізми та інструменти мають бути тісно ув'язані зі стратегічними пріоритетами світового соціально-економічного, інноваційно-технологічного та екологічного розвитку;

- по-сьоме, принципи транспарентності й інклюзивності механізмів та інструментів забезпечення глобальної енергетичної безпеки, згідно якого усі вони мають перебувати під постійним наднаціональним контролем, моніторингом і підзвітністю з вільним доступом до релевантної інформації та процесів ухвалення

ключових управлінських рішень у царині енергетичної безпеки усіх груп уповноважених інституцій і стейкхолдерів.

На нашу думку, усі зазначені вище принципи забезпечення глобальної енергетичної політики є доволі динамічними і рухливими, а отже – у міру поглиблення міждержавної взаємодії у цій сфері вони постійно доповнюватимуться усе новими й новими елементами.

Характеризуючи сучасний ландшафт забезпечення глобальної енергетичної безпеки, варто нагадати, що світові енергетичні кризи, котрі перманентно «спалахували» у світовій економіці в останні п'ятдесят років (від нафтових шоків 1970-х років до пандемічної кризи Covid – 19), носили в основному структурно-економічний та техніко-технологічний характер, базувались на паливно-вуглеводневій моделі енергозабезпечення, а також супроводжувались фрагментарними трансформаціями національних енергетичних систем різних держав та перерозподілом окремих видів паливно-енергетичної сировини в енергоспоживанні. Нинішня ж енергетична криза спричинена стрімким вичерпуванням паливно-енергетичних ресурсів, динамічним нарощуванням світового попиту на них, посиленням антропогенного навантаження на довкілля та поглибленням світової екологічної проблеми. Відтак – вона має принципово іншу економічну природу і є першою, воістину глобальною (за масштабами поширення і ступенем впливу на усі структурні підсистеми світового господарства), кризою.

Ще одна її відмітна риса полягає у швидкості опанування державами і їх економічними суб'єктами якісно новими джерелами енергозабезпечення. Якщо упродовж усіх попередніх енергетичних криз перехід на нові види енергії відбувався упродовж багатьох десятиліть, то вихід з нинішньої кризи лежить у площині не тільки динамічного запровадження відновлювальних енергоджерел, але й докорінної зміни енергетичного базису світової економіки на користь сталої моделі енергоспоживання. Мало того, що об'єм останньої становить нині гігантську суму у понад 100 трлн дол. США, так ще й глобальний енергетичний перехід має бути здійснений менш ніж за чверть століття [52, с. 11], що є, без перебільшення, надзвичайно амбітною стратегічною ціллю глобального економічного розвитку.

Будучи багаторазово посиленою неспровокованою і невиправданою агресією російської федерації проти України, нинішня глобальна енергетична криза викликана також воєнно-політичними факторами, а отже – змушує подивитись на систему світового енергозабезпечення під принципово іншим кутом зору. Так, значні перебої у постачанні росією енергетичних ресурсів справили україн негативний вплив на цінову кон'юнктуру глобального ринку, спричинивши гостре порушення балансу на ринках нафти, газу і вугілля. Це не тільки викликало різке підвищення цін на енергоносії (насамперед у Європі), порушення довгострокових інвестиційних планів та посилення напруги в усіх секторах світового сировинно-енергетичного комплексу (яка була доволі помітною і раніше), але й поставило під загрозу реалізацію європейськими країнами програм і проєктів декарбонізації своїх національних економік та їх переведення на сталу траєкторію конкурентного розвитку. Йдеться, зокрема, про відновлення багатьма державами Європи вугільної генерації з метою забезпечення енергетичної безпеки, структурного збалансування національних енергосистем та недопущення їх колапсу. Окремої уваги заслуговує також стремління Євросоюзу замінити російську нафту і природний газ на альтернативні джерела викопного палива способом нарощування імпорتنих постачань зрідженого природного газу із США та інших регіонів, а також запуску нових проєктів прокладення трубопроводів з Північної Африки. Натомість Сполучені Штати Америки вже у листопаді 2021 р. змушені були вдатись до розконсервації національних стратегічних резервів нафти та здійснити продаж їх першої партії.

Більше того, практично усі країни-експортери енергоносіїв в оперативному порядку були змушені шукати заміну російському паливу, потерпаючи від різкого зростання цін на нафту і газ, дестабілізації національних економічних систем, колосального нагромадження бюджетних дефіцитів, зростання безробіття, руйнування постачальницьких ланцюгів та падіння загального рівня матеріального добробуту своїх громадян. На превеликий жаль, у багатьох скептиків глобального енергетичного переходу подібна ситуація навіть породила хибне уявлення про недоцільність і невчасність здійснення капіталовкладень у зелені джерела енергії, а також нагальну необхідність повернення вуглеводневій енергетиці *status quo* у

світовому енергоспоживанні.

Не випадково, найбільш системні трансформації у царині енергетичних трансформацій відбуваються нині на європейському континенті – як у самому Євросоюзі, так і державах-сусідах, де ухвалюються ключові управлінські рішення, засновуються нові державні і наднаціональні структури, а також кардинально «перекроюються» зовнішньоторговельні потоки енергоресурсів. Зокрема, ухвалений у березні 2022 р. Міжнародним енергетичним агентством план зниження залежності Європейського Союзу від поставок російського природного газу включає десять напрямів. З-поміж них, поряд із заходами щодо диверсифікації географічних маршрутів поставок енергоджерел та їх декарбонізації, передбачено також запровадження мінімальних зобов'язань щодо зберігання газу для підвищення сталості енергоринку; прискорення розгортання нових вітрових і сонячних проєктів; нарощування обсягів електрогенерації з існуючих диспетчеризованих джерел з низьким рівнем викидів; прискорення заміни газових котлів на теплові насоси; підвищення енергоефективності житлових і промислових об'єктів на основі використання інтелектуальних електричних мереж, якісних матеріалів і теплоізоляції тощо [2].

Своєю чергою, у рамках реалізації Плану REPowerEU, який стартував у 2022р. у відповідь на російське вторгнення в Україну, передбачається реалізація комплексу заходів щодо швидкого зменшення залежності європейської економіки від постачань викопного палива з РФ та прискорення зеленого енергопереходу. З цією метою планується мобілізувати через Фонд відновлення та стійкості (*англ. – Recovery and Resilience Facility – RRF*) близько 300 млрд євро на період до 2030 р., у тому числі 72 млрд – у формі грантів та 225 млрд – як позики (які первинно планувалось витратити на подолання економічного спаду, викликаного пандемією Covid – 19). З цієї суми 10 млрд піде на розбудову загальноєвропейської інфраструктурної мережі поставок природного та зрідженого газу; 2 млрд – на нафтову інфраструктуру; а решта – на прискорення енергопереходу держав-членів ЄС, поступовий їх відхід від постачань російських енергетичних ресурсів та диверсифікацію маршрутів постачання природного газу [153].

Водночас не можемо погодитись з ідеєю про те, що в сучасних умовах світова спільнота має обрати лише один з альтернативних варіантів – або забезпечення глобальної енергетичної безпеки на основі паливно-енергетичних джерел, або досягнення екологічних та кліматичних цілей в рамках сталої моделі світогосподарського розвитку способом розбудови низьковуглецевої економіки. На нашу думку, навіть спровокована російською федерацією нинішня енергокриза не може бути використана в якості приводу повернення до ери паливної енергетики та посилення залежності світової спільноти від викопних видів палива. Навпаки – сьогодні мова має йти виключно про *нарощування інвестиційних капіталовкладень у розвиток зеленої енергетики та глибоку конвергенцію окремих її структурних підсистем і технологій (сонячної, вітрової та ядерної енергетики, технологій уловлювання вуглецю, зеленого водню та електроавтомобілебудування тощо)* з метою подолання залежності світогосподарського розвитку від нафтогазових ресурсів, прискорення макроекономічного зростання держав, динамізації створення нових робочих місць. Саме інвестиції у сталу енергетику здатні сформувати потужний фінансовий базис нової глобальної енергетичної економіки [52, с. 7], в архітектурі якої лідерські позиції безсумнівно посядуть ті держави і бізнес-структури, котрі в числі перших опанують енергетичні екоінновації та комерціалізують їх на інтернаціональному рівні.

При цьому, як справедливо наголошує Д. Єргін, глобальний енергетичний перехід нагально потребує ретельного планування та підготовки, щоб ідеологія не взяла верх над аналізом [52, с. 11]. Інакше він втратить будь-яку підтримку з боку суспільства, оскільки буде досягнутий надзвичайно високою соціальною ціною дестабілізації світової економічної ситуації, передусім у країнах, що розвиваються. Для останніх, які і так, як ми знаємо, потерпають від значної кількості невирішених економічних проблем, соціальна ціна енергетичного переходу буде невиправдано високою. Тож саме сьогодні усі сценарії самозаспокоєння стають потужною перешкодою для досягнення цілей сталого розвитку, а обговорення політичних заходів щодо глобального енергетичного переходу мають носити виключно методичний й експертний характер та бути зорієнтованими лише на оцінку

потенційних витрат та вигод від імплементації альтернативних планів дій [52, с. 11].

Зазначимо, що нарощування інвестиційних капіталовкладень у розвиток зеленої енергетики передбачає *системну інтеграцію до даного процесу глобальних інститутів фінансового менеджменту та різного роду організацій сприяння міжнародному розвитку*. Їх функціональні повноваження у цій сфері мають полягати насамперед у *поглибленні співробітництва з національними урядами і владними органами щодо поліпшення міжнародного інвестиційного середовища та фінансування програм, спрямованих на зниження інвестиційних ризиків приватного бізнесу у процесі реалізації ним зелених енергетичних проєктів*. Йдеться насамперед про те, що попри відсутність проблеми браку інвестицій на глобальному ринку капіталу та динамічне нарощування в останнє десятиліття вартісних обсягів сталого фінансування сонячної та вітрової енергетики, країни, що розвиваються, та держави з новостворюваними ринками потребують значно більшого капіталу для переведення своєї енергетики на зелені «рейки». Зокрема, тільки у 2021 р. випуск боргових інструментів сталого фінансування досягнув рекордної відмітки у 1,6 трлн дол. США, з яких 80% було емітовано у розвинутих країнах світу [52, с. 6].

Додатковим потужним імпульсом нарощування інвестиційних капіталовкладень у зелену енергетику є, як не дивно, різкий стрибок світових цін на нафту і газ у 2022 р. Його результатом стало отримання глобальними нафтогазовими корпораціями у звітному році додаткового прибутку у розмірі 2 трлн дол. США, який довів їх загальний прибуток до рекордної відмітки у 4 трлн дол. Між тим, глобальний нафтогазовий сектор на зелений перехід і дотепер витрачає украй незначну частку сукупних обсягів капіталовкладень, яка не перевищує 5% [52, с. 7]. Відтак – позаплановий прибуток світового нафтогазового сектору 2022 р., що трапляється один раз у двадцять років, здатен забезпечити ефективну структурну модернізацію економік нафто- і газодобувних держав та перевести діяльність їх енергетичних компаній на зелені «рейки».

Таким чином, з метою забезпечення позитивного впливу інвестиційних капіталовкладень, що відповідають екологічним, соціальним й управлінським

критеріям (англ. – *Environmental, Social and Governance – ESG*), на динаміку «озеленення» глобального енергетичного комплексу, пріоритетним є завдання із встановлення чітких стандартів та зобов'язань з підготовки суб'єктами господарювання звітності щодо рівня екологічності своєї економічної діяльності. Так, вже сьогодні у Європейському Союзі встановлені чіткі вимоги до суб'єктів фінансового ринку з управління ризиками і надання звітності відносно екологічних ризиків сталого розвитку. Мається на увазі встановлення чітких норм і правил реалізації програм і проєктів структурних трансформацій у вуглецевомістких секторах світового енергетичного комплексу з метою недопущення ситуацій, за яких ESG-вимоги перешкоджали б фінансуванню критично важливих його секторів з високими вуглецевими викидами. Нарешті, уся система сталого інвестування енергетичного сектору має бути зорієнтована на досягнення ним нульових вуглецевих викидів, генерування технологій виробництва зеленої енергії, підвищення енергоефективності світового виробництва та зменшення глобального попиту на викопні види палива такою мірою, щоб знівелювати необхідність інвестиційних капіталовкладень в освоєння нових родовищ нафти і природного газу.

Важливо зазначити, що навіть за таких умов важливого значення набуває збереження інвестиційних капіталовкладень в існуючі активи світового нафтогазового комплексу, у тому числі у його технологічну модернізацію й екологізацію. Дане питання набуває особливої актуальності з урахуванням російсько-української війни та необхідності переорієнтації поставок енергетичних ресурсів навіть з країн, котрі не орієнтуються у своїх конкурентних стратегіях на нульовий рівень емісійних викидів CO₂ на період до 2050 р. Головним при цьому є уникнення витрат на підтримку і модернізацію енергетичної інфраструктури, яка характеризується високими вуглецевими викидами на довгострокову перспективу, або здатна найближчим часом перейти у категорію незатребуваних активів. Досягнення цієї стратегічної мети лежить у площині нарощування масштабів видобутку природного газу на існуючих родовищах та призупинення чинної практики його супутнього спалювання та викиду в атмосферу. Одночасно, з метою диверсифікації маршрутів газових поставок та зниження у такий спосіб критичної

енергозалежності від російської федерації, важливим напрямом забезпечення глобальної енергетичної безпеки є *розбудова в Європі розгалуженої інфраструктурної мережі терміналів з прийому зрідженого газу*. Важливо, щоб зазначені інфраструктурні потужності у будь-який час були б здатними переключитись на імпорتنі постачання водню чи аміаку з низьким рівнем емісійних викидів.

Свою чергою, держави, котрі не забороняють розвиток на своїй території ядерної енергетики, мають взяти на озброєння і такий напрям забезпечення енергетичної безпеки як *створення і введення в експлуатацію малих модульних реакторів*. Нагадаємо, що дана експериментальна технологія ядерної електрогенерації, перші прототипи якої лише сьогодні починають отримувати ліцензії, ґрунтується на застосуванні компактних реакторних блоків. Останні, на відміну від реакторів великої потужності, можуть бути оперативно збудовані і запущені в експлуатацію. Одночасно вони є значно економнішими та екологічно безпечнішими порівняно з традиційною атомною електрогенерацією, що відкриває якісно нові перспективи подальшого розвитку світової ядерної енергетики та її переведення на засади сталого розвитку. Так, у розрахунку на 1 кВт встановленої потужності малим модульним реакторам потребується значно менше капітальних витрат, аніж традиційним ядерним реакторам [202, с. 35].

З урахуванням же наявності у держав необхідних інфраструктурних потужностей та висококваліфікованих професійних кадрів, мала модульна електрогенерація здатна забезпечити ефективне розширене відтворення атомних енергетичних потужностей. І це без урахування наявних у країн можливостей щодо локалізації технологічного обладнання, маневреної роботи електрогенерації у широкому діапазоні технологічних потужностей, застосування частини виробленої енергії для отримання водню (як одного з найперспективніших видів неуглецевого палива для транспортного сектору – автомобільного, залізничного, морського, авіаційного) та впровадження технологій «паливних комірок» з об'єднання водню з киснем та генерування у такий спосіб енергії [202, с. 35]. Не випадково, Франція у 2022 р. на тлі російсько-української війни у докорінний спосіб змінила свою національну енергетичну стратегію і планує вже найближчими роками побудувати

з десятків невеликих модульних ядерних реакторів. Подібні плани має також Великобританія, яка у цьому ж році перейшла до реалізації надзвичайно амбітного плану будівництва восьми нових атомних реакторів та шістнадцяти малих модульних реакторів. Навіть агресивно налаштована відносно атомних технологій Німеччина, поступившись своїми геополітичними рішеннями в енергетичній сфері, подовжила термін експлуатаційної служби трьох останніх діючих у державі атомних електростанцій [52, с. 18].

Характеризуючи стратегічні пріоритети забезпечення глобальної енергетичної безпеки, не можемо оминати увагою і таке питання як *запровадження на світовому ринку міжнародно визнаної (а не нав'язаної великими гравцями глобальної енергоіндустрії) транспарентної системи екологічної оцінки і сертифікації товарів і послуг*. Це дасть змогу ефективно знівелювати вплив такого негативного чинника як експорт забруднень (*англ. – exporting pollution*), тобто транскордонного перенесення брудних й екологічно небезпечних видів виробництва у країни, що розвиваються, котрі, як відомо, мають значно нижчі екологічні стандарти, ніж держави-лідери. *Одночасно на глобальному рівні на постійній основі мають бути запуснені широкі мас-медійні і рекламні акції щодо інформування світових споживачів про умови добування рідкісних корисних копалин (літію, нікелю і кобальту), необхідних для виробництва акумуляторів, а також механізми утилізації високотехнологічних компонентів електромобілів та інших електричних товарів споживчої групи*.

Потужні імпульси «озеленення» світового енергосектору та його переведення на сталу модель енергетичної безпеки закладені, на нашу думку, і у реалізації глобальними виробниками нафти і газу зважених і високопрофесійних корпоративних стратегій та бізнес-моделей енергетичного переходу. Йдеться насамперед про *кардинальне підвищення ними рівня екологічної ефективності своєї операційної діяльності на основі фронтального впровадження найбільш піонерних інноваційних розробок і технологій природоохоронного напрямку на усіх ланках сформованих в енергоіндустрії вартісних ланцюгів – від буріння свердловин до будівництва спеціалізованих нафтопроводів та танкерів для транспортування нафтопродуктів, природного і зрідженого газу*. Важливим у контексті реалізації

нафтогазовими корпораціями стратегій бізнес-моделей енергетичного переходу є також встановлення квоти їх науково-дослідних бюджетів, яка в обов'язковому порядку має бути витрачена на ДіР у сфері зеленої енергетики.

Зазначені заходи дадуть змогу суттєво підвищити екологічні параметри енергетичної сировини вже на етапі її добування, за яких вона на початку етапу перероблення матиме екохарактеристики, близькі до затребуваного рівня на виході. Ще один важливий екологічний ефект «озеленення» процесу добування паливної сировини закладений також у значному підвищенні економічної ефективності низьковуглецевих технологічних рішень на основі повної утилізації попутного нафтового газу та суттєвого (а почасти й повного) розвантаження окремих установок нафтопереробних заводів. Це стане запорукою суттєвого зниження обсягів емісії парникових газів та відчутного зменшення вуглецевого сліду світової нафтогазової промисловості. Досягнуті результати дадуть змогу знівелювати вплив такого фактору як втручання (у тому числі судові) глобальних інвесторів у корпоративну політику публічних нафтогазових корпорацій з метою посилення неринкового тиску на них щодо впровадження проєктів вуглецевої нейтральності.

Наступний напрям забезпечення глобальної енергетичної безпеки у загальному руслі «озеленення» ПЕК пов'язаний з розбудовою світового ринку довгострокової секвестрації вуглецю, здатного суттєво пом'якшити наслідки кліматичних змін та позбавити світогосподарську систему залежності від викопних видів палива. Йдеться насамперед про широке впровадження на міжнародному рівні технологій уловлювання вуглецю з різного роду промислових об'єктів з подальшою його утилізацією, повторним використанням чи зберіганням для різних цілей – від виробництва палива до продукування хімічних товарів чи будівельних матеріалів. Відтак – в економічному плані ключовим стає питання щодо пошуку на планеті придатних для безпечного й ізольованого зберігання уловленого вуглецю геологічних формацій з подальшою інституціоналізацією прав власності на них, встановленням орендної плати за їх користування та залученням масштабних інвестиційних капіталовкладень у їх розвиток.

У реалізації глобального енергетичного переходу важко переоцінити значення і такого напрямку забезпечення світової енергобезпеки як *розбудова світового ринку зеленого (чистого) водню*. Важливо зазначити, що зелений водень може бути використаний як паливо для автомобілів, сировина для генерації електроенергії та промислового виробництва, джерело довгострокового зберігання енергії, а також окремий складник інших хімічних продуктів (аграрних добрив чи пластмас). З огляду на це, є всі підстави стверджувати, що зелений водень та його похідні (аміак і метанол) здатні не тільки докорінно змінити геополітичний ландшафт світового енергетичного сектору, але й сформувати якісно нові глобальні центри зеленої індустріалізації та диверсифікувати наявні торговельні маршрути енергопоставок. Особливої уваги у даному контексті заслуговує також розбудова глобальних вартісних ланцюгів за усіма структурними сегментами водневої енергетики з подальшим загостренням міждержавної конкуренції у промисловому секторі, заснуванням стратегічних альянсів компаній та спільних проєктів, а також формуванням нових центрів глобального суперництва у зонах локалізації виробництва і споживання зеленого водню.

З економічної точки зору, ефективне функціонування світового ринку зеленого водню передбачає реалізацію *цілого комплексу заходів державного впливу*, а саме:

- зниження собівартості виробництва чистого водню за одночасного нарощування його обсягів на основі державного страхування ризиків інвестиційних капіталовкладень у даний сектор та формування стійкого ринкового попиту на чистий водень способом його державних закупівель та укладення так званих «контрактів на цінові різниці»;

- запровадження у господарську практику узгоджених на міжнародному рівні стандартів та процедур моніторингу і сертифікації зеленого водню, що дасть змогу забезпечити безперебійність, взаємну операційну сумісність та необхідні екологічні параметри процесу його виробництва за усіма ланками сформованого у даному секторі глобального вартісного ланцюга;

- надання країнам, що розвиваються, фінансової та технічної допомоги для їх повноцінного включення у процеси зеленої індустріалізації у статусі безпосередніх

виробничих майданчиків, а не постачальників молекул зеленого водню для глобальних центрів промислового попиту, локалізованих на території провідних держав світу. Це дасть змогу не допустити прокладення нових ліній стратифікаційного поділу країн світу та поглиблення міждержавних і міжрегіональних асиметрій за показниками зеленої індустріалізації.

У центрі конвергенції державних політик в енергетичній сфері мають перебувати і такі питання як: *інтеграція регіональних сегментів ринків природного газу та електричної енергії*. Йдеться насамперед про фінансування державами-сусідами будівництва регіональних інфраструктурних потужностей зрідження і продажу газу, а також щільних мереж електропередач спільного використання. На теренах Європейського союзу та країн Східного партнерства це дасть змогу у короткостроковій перспективі позбутись залежності від російських постачань енергоресурсів та знівелювати негативний вплив непостійності їх імпорتنих поставок. Так, ЄС, репрезентуючи другу за розміром і споживчою платоспроможністю (після США) об'єднану економіку, здатен здобути неперевершених конкурентних переваг щодо забезпечення регіональної енергетичної безпеки від ведення переговорів зі світовими постачальниками газу «єдиним фронтом», тобто як один (а не 27) покупець. На підтвердження цієї тези наведемо такі цифри: з причин відсутності у держав-членів Євросоюзу загальноєвропейського енергетичного ринку та слабкої конвергенції його національних підсистем держави-члени даного інтеграційного угруповання до 2015 р. щорічно втрачали на закупівлях енерготоварів до 40 млрд євро [21]. При цьому щорічні витрати ЄС на прямі і непрямі енергетичні субсидії становили біля 120 млрд євро; рівень оптових цін на електроенергію були на третину, а на природний газ – удвічі більшими, ніж у Сполучених Штатах Америки.

Таким чином, об'єднавши в єдині регіональні мережі національні інфраструктурні потужності з постачання природного газу й електричної енергії, держави-члени ЄС зможуть справляти потужний ціновий тиск на постачальників зазначених енерготоварів. Останні, як відомо, зацікавлені, у першу чергу, в укладенні довгострокових контрактів, прогнозованому притоку доходів та

ефективному управлінні інвестиційними проєктами в енергетичному секторі, забезпечуючи при цьому надійність поставок енерготоварів та їх цінову доступність.

Наступний напрям забезпечення енергетичної безпеки у Євросоюзі – це нарощування внутрішньорегіональних поставок енергоресурсів. Це потребує, з одного боку, активізації зусиль ресурсомістких держав (тих же самих Нідерландів) у нарощуванні масштабів газовидобутку, а з другого – подовженні країнами зі значною атомною електрогенерацією термінів експлуатації атомних електростанцій. Окрім того, може бути розглянуте й питання щодо *заснування загальноєвропейського інтеграційного фонду для компенсування енергомістким державам (котрі компенсуватимуть брак надходжень енергоресурсів з російської федерації) можливих економічних втрат від землетрусів, пов'язаних з нарощуванням обсягів видобутку природного газу.*

У забезпеченні енергетичної безпеки важко переоцінити значення і такого заходу як компенсування державами своїм домогосподарствам грошових коштів за зменшення загальних обсягів споживання енергоресурсів, або його повного виключення у добові періоди пікових навантажень. Досягнення зазначених цілей пов'язане насамперед з проведенням енергетичних аукціонів, котрі можуть проводитись на відповідних регіональних територіях, де національні ринки електричної енергії держав є інтегрованими у єдині мережі. У такий спосіб досягатиметься така стратегічна мета як зменшення сукупного ринкового попиту на енерготовари та відповідне зниження цін на них. В якості прикладу наведемо, зокрема, Німеччину, де вже сьогодні реалізуються рішучі заходи у царині проведення енергозберігаючими компаніями цінових аукціонів, котрі дають змогу суттєво підтримати найбільш вразливі верстви населення цієї держави у процесі споживання ними електроенергії. Це досягається, у першу чергу, *наданням домогосподарствам адресних трансфертів і субсидій для забезпечення їх енергоспоживання на рівні прожиткового мінімуму, котрі згодом вилучаються у грошовий обіг податковими механізмами.*

Окрім того, подібного роду аукціони дають змогу створити для домогосподарств потужні мотиваційні стимули щодо їх поступового відходу від споживання викопних видів палива та переорієнтацію на відновлювальні ресурси. Важливо зазначити, що зазначені аукціонні механізми мають реалізовуватись у їх тісному взаємозв'язку з

важелями й інструментами національних податково-бюджетних політик неекспансіоністської спрямованості з метою стримування нарощування додаткового споживчого попиту на місцевих ринках.

Нарешті, у контексті забезпечення глобальної енергетичної безпеки окремої уваги заслуговує *поглиблення міжнародного співробітництва у сфері управління кліматичними змінами*. Важливу роль тут має відіграти *заснування альянсів країн та регіональних інтеграційних угруповань, у рамках яких усім державам-членам забезпечуватиметься максимальні преференційні режими торгівлі у випадку виконання ними встановлених природоохоронних показників*. Зокрема, вже сьогодні Сполучені Штати Америки могли б долучитись до плану Європейського Союзу з *оподаткування транскордонним вуглецевим податком імпорту товарів, виробництво яких пов'язане зі значними емісійними викидами*, або ухвалити подібного роду національний закон. Зауважимо, що ухвалений ЄС закон про транскордонний вуглецевий податок відкриває широкі перспективи співпраці з державами-торговельними партнерами ЄС у царині розроблення і впровадження спеціальних торговельних правил торгівлі, здатних забезпечити системне «озеленення» національних енергетичних комплексів держав-членів даного інтеграційного блоку. І це на тлі того, що Сполучені Штати Америки, порівняно з Євросоюзом, перебувають на сьогодні у більш виграшному становищі для реалізації з ним угоди щодо обмеження імпортних поставок сталі й алюмінію з держав азійського мегарегіону, де при їх виробництві не були дотримані природоохоронні стандарти.

Вважаємо, що усі окреслені вище стратегічні напрями забезпечення глобальної енергетичної безпеки мають реалізовуватись на інституційній платформі енергетичної дипломатії держав як сукупності скоординованих дій їх національних урядів та бізнес-сектору щодо стимулювання міжнародної кооперації в енергетичній сфері; акумулювання ресурсів для пом'якшення глобальних енергетичних викликів; забезпечення сталих поставок енергоресурсів за доступними цінами для внутрішніх споживачів; їх збуту на міжнародних ринках; залучення інвестиційного капіталу у національні енергетичні комплекси та створення тут робочих місць.

Наголосимо, що усі зазначені заходи спрямовані на досягнення ключової мети: забезпечення реалізації національних інтересів держав в енергетичній сфері, у тому числі способом використання різного роду зовнішньополітичних інструментів

(переговорів, санкцій, ембарго та ін.). Саме завдяки останнім енергетична дипломатія забезпечує країнам медіаційну (підготовка та проведення міждержавних переговорів з питань енергетичного забезпечення); інтервенційну (дипломатичний вплив держав на міжнародні організації, іноземні уряди та бізнесові структури з метою забезпечення власних національних інтересів в енергетичній сфері); аналітичну (збирання та узагальнення інформації з питань дво- та багатостороннього співробітництва держав в енергетичному секторі) та іміджеву функції (реалізація заходів щодо створення і підтримки позитивного іміджу держав в очах світової громадськості як надійних партнерів в енергетичній сфері) [229, с. 8].

Узагальнюючи вищенаведене, відзначимо таке: утвердження в останні десятиліття енергетичної дипломатії в якості самостійного напрямку дипломатичної діяльності держав передбачає реалізацію ними відповідних зовнішньополітичних і зовнішньоекономічних дій з активним використанням як універсальних організаційних форм, так і притаманного виключно енергетичному сектору диверсифікованого інструментарію реалізації національних економічних інтересів країн. Її ключові особливості випливають з самої специфіки об'єктів міжнародного правового регулювання світового енергетичного ринку, вимагаючи виокремлення в системі міжнародного права якісно нового структурного сегменту – міжнародного енергетичного права. Його матеріальним ядром має бути правовий інструментарій забезпечення глобальної енергетичної безпеки, пов'язаний з розбудовою її архітектури та регулюванням взаємодії між основними світовими центрами ухвалення управлінських рішень в енергетичній сфері.

3.3. Пріоритетні напрями повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку

Повномасштабна збройна агресія російської федерації проти України, розпочавшись 24 лютого 2022 р., повністю зруйнувала сформовану після Другої світової війни систему міжнародного порядку, котра базувалась на принципах непорушності державних кордонів, лібералізму міждержавних відносин, поваги до державного суверенітету країн, їх суверенної рівності, мирного вирішення міжнародних спорів та незастосування сили та ін. На превеликий жаль

катастрофічні наслідки російсько-української війни найбільшою мірою відчула наша держава, зазнавши величезних матеріальних збитків у формі руйнування вітчизняної промисловості і житлових будівель, об'єктів комерційної і соціальної інфраструктури, транспортної й енергетичної систем, а також безпрецедентному знищенні родючих ґрунтів, лісів та унікальних екосистем природно-заповідних зон у результатів проникнення токсичних сполук від вибухів ракет, боєприпасів, мін, артилерійських снарядів, авіа- і «вакуумних» бомб.

При цьому одним з найбільш постраждалих від російської військової агресії секторів економіки України є енергетика, яка станом на грудень 2022 р. зазнала прямих задокументованих втрат на суму 6,8 млрд дол. США (що становить 4,5% загальних втрат української економіки (рис. 3.7)). За рік війни у результаті постійних атак російських окупантів наша держава тимчасово втратила 44% атомної електрогенерації, 75% потужностей теплоелектростанцій (ТЕС)¹⁶ та 33% блочних теплоелектроцентралей (ТЕЦ) [262]. Зокрема, було повністю чи частково зруйновано вісім вітчизняних ТЕС; уражені понад 350 об'єктів критичної інфраструктури сфери теплопостачання [209, с. 50]; зруйновані 5,5 тис км газопроводів (зі збитками у 9,9 млрд грн.) [248].

Крім того, Кременчуцький нафтопереробний завод – лідер національного енергосектору – взагалі призупинив свою роботу; на 10-15% зменшився вітчизняний видобуток природного газу з причин втрати родовищ у Харківській області; а також тривалий час не працювали пошкоджені теплоелектростанції у Чернігові, Охтирці, Кременчуці та інших українських містах [204, с. 216]. Не можемо скидати з рахунків і руйнування близько 30% потужностей сонячних електростанцій, виведення з експлуатації 90% вітроенергетичного обладнання, а також масштабне викрадення російськими окупантами значної кількості вітрових та сонячних електрогенеруючих комплексів [261]. Підтвердженням катастрофічних руйнуючих наслідків російсько-української війни для енергетики України є також результати опитування, проведеного серед власників і виконавчих

¹⁶ Примітка.

Йдеться насамперед про втрату нашою державою 10 ГВт теплової генерації Запорізької, Старобешівської та Вуглегірської теплоелектростанцій; біля 6 ГВт атомної генерації Запорізької атомної електростанції; а також більше 3 ГВт технологічних потужностей відновлюваної електрогенерації.

директорів українських компаній малого і середнього бізнесу у вересні 2022 р.¹⁷.

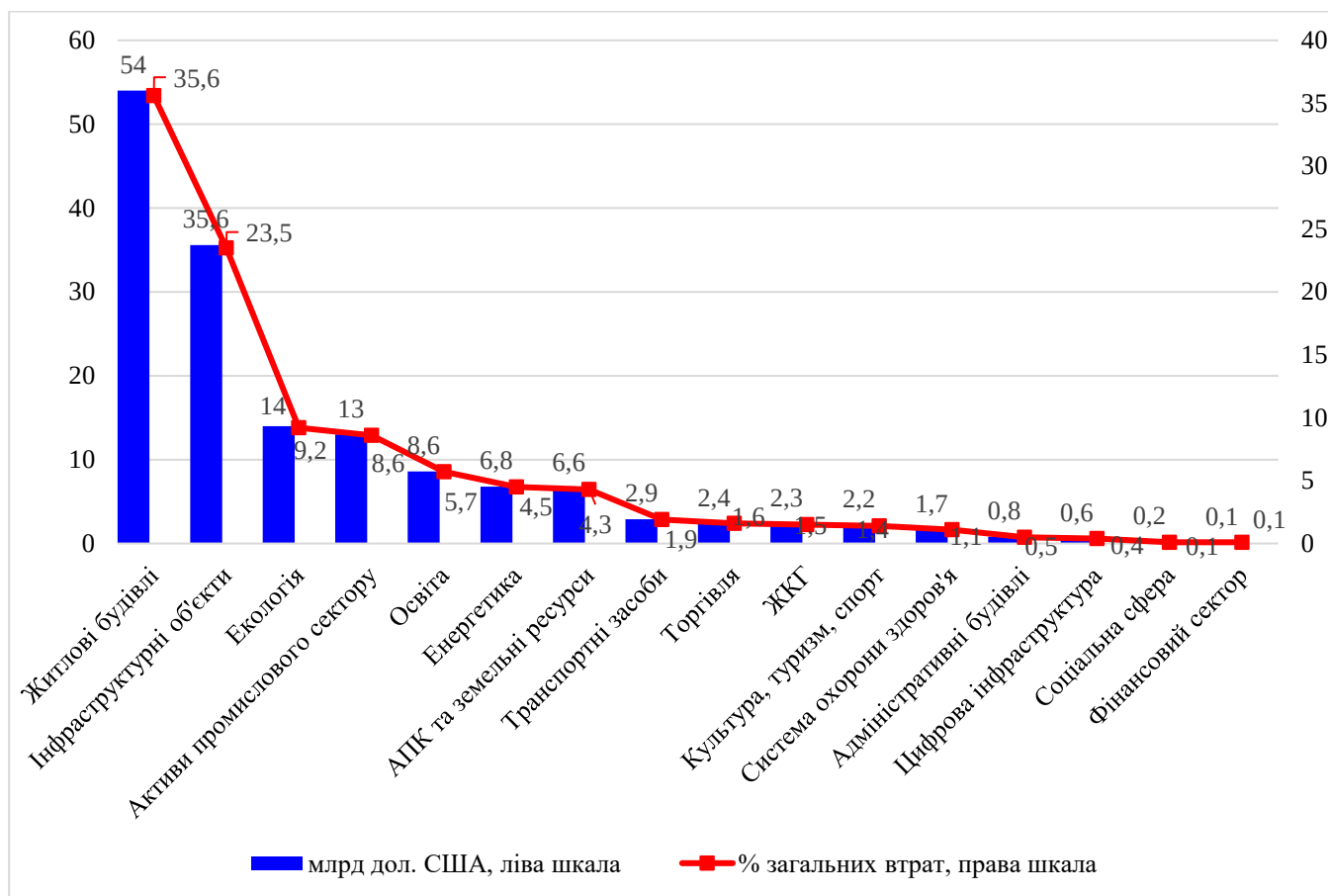


Рис. 3.7. Прямі збитки економіки України від військової агресії російської федерації за окремими типами майна станом на грудень 2022 р.

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [231].

Згідно даних опитування, індекс активності бізнесу (*англ. – Ukrainian Business Index – UBI*) вітчизняних підприємств і організацій сектору постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря становив у звітному місяці лише 22,92 (зі 100 можливих) [227].

Настільки низький показник оцінки стану бізнес-середовища в Україні свідчить як про загальну невпевненість вітчизняного енергетичного сектору щодо швидкого покращення економічної ситуації в державі, так і загалом низьку його активність у царині нарощування обсягів товарообігу, диверсифікації бізнес-

¹⁷ Примітка.

Опитування було проведено експертами Центру розвитку інновацій, Офісу з розвитку підприємництва та експорту, а також національного проєкту Дія за підтримки Міністерства цифрової трансформації України, міністерств економіки, фінансів, розвитку громад і територій України, Коаліції бізнес-спільнот за модернізацію України та Програми USAID «Конкурентоспроможна економіка України». В опитуванні взяли участь 863 власники та виконавчі директори вітчизняних компаній малого і середнього бізнесу [227].

операцій та створення нових робочих місць. І це не враховуючи 40%-ного зменшення виробництва ВВП, руйнування постачальницьких і збутових ланцюгів, масштабного виїзду працездатного населення за кордон та згортання виробничо-інвестицій, комерційної і фінансової діяльності вітчизняних суб'єктів господарювання.

Таким чином, з урахуванням масштабів (151,8 млрд дол. США станом на грудень 2022 р.) і структурних вимірів прямих збитків економіки нашої держави від військової агресії російської федерації (рис. 3.1) загальні фінансові потреби України на відбудову народногосподарського комплексу ще у серпні 2022 р. оцінювались на рівні понад 349 млрд дол. США (у тому числі на 2022-2024 рр. – більше 105 млрд) на відбудову інфраструктурних об'єктів, післявоєнне екологічне очищення території, людський розвиток, закупівлю газу, підтримку аграрного сектора [250]. Своєю чергою, на міжнародній конференції з питань післявоєнного економічного відновлення України, яка пройшла у м. Лугано 4-5 липня 2022 р., було представлено план відбудови нашої держави загальним обсягом фінансування у понад 750 млрд дол. США. Зазначене фінансування має бути освоєне до 2032 р. (у тому числі більше 300 млрд – у 2023-2025 рр. та понад 400 млрд у 2026-2032 рр.) у рамках реалізації п'ятнадцяти загальнонаціональних програм, котрі включають, зокрема, відновлення фінансової стабільності, розбудову інфраструктури та структурну модернізацію вітчизняної економіки. При цьому сам механізм фінансування об'єднує принципово різні джерела надходження в Україну грошових коштів, за яких від 250 до 300 млрд дол. США становитимуть партнерські грантові ресурси, 200-300 млрд – позикові кошти та акціонерний капітал, а 250 млрд – приватне інвестиційне фінансування [250]. Подібна диверсифікована структура джерел надходження фінансових коштів гарантуватиме, на нашу думку, їх стабільне надходження та убезпечить від загрози недофінансування у випадку виникнення тимчасових проблем у тому чи іншому джерелі капіталовкладень.

Між тим, незважаючи на величезні економічні втрати нашої держави від збройної агресії російської федерації, саме сьогодні, на нашу думку, закладається міцна основа системної структурної модернізації вітчизняного енергетичного

комплексу на засадах сталого розвитку. Йдеться насамперед про *формування якісно нового енергопрофілю України* на основі переведення діяльності національного енергетичного сектору у відповідність з вимогами Європейського зеленого курсу та його системної інноватизації, глибокого «вбудовування» енергокомплексу у європейські енергетичні ринки, кардинального зниження рівня енергоємності валового внутрішнього продукту, динамічного розвитку відновлювальної енергетики, повного заміщення застарілої вугільної генерації на відновлювальну генерацію, та – особливо – налагодження масштабного виробництва водню. Більше того, саме у період післявоєнного відновлення економіки України для неї відкривається широке «вікно можливостей» позбутись нарешті багатьох об'єктів радянського енергетичного спадку, відбудувавши за кошти зарубіжних партнерів свою енергетичну інфраструктуру, сформувавши принципово нові її структурні сегменти та докорінно модернізувавши усі ринкові інститути вітчизняного енергоринку, як того вимагають параметри національної енергетичної безпеки.

Підтвердженням даної тези є, зокрема, той факт, що саме російсько-українська війна суттєво активізувала процеси інтеграції вітчизняної енергосистеми до Європейської мережі операторів системи передачі електроенергії (*англ. – European Network of Transmission System Operators for Electricity – ENTSO-E*). Це мало своїм наслідком набуття Україною своєрідного енергетичного членства у ЄС 16 березня 2022 р. (на рік раніше запланованої дати) на основі виходу за кілька годин до початку війни у запланований ізолюваний (відносно енергосистем рф та білорусі) режим роботи та її синхронізації з ENTSO-E. Наголосимо, що навіть захоплення російськими окупантами Запорізької атомної електростанції та Каховської гідроелектростанції, а також руйнування Охтирської теплоелектроцентралі на тлі постійних обстрілів української енергоінфраструктури так і не змогли її «паралізувати». Це доводить надійність і стійкість енергетичної системи нашої держави та її спроможність ефективно працювати у загальноєвропейському енергопросторі. Готовність же Європи до синхронізації мереж відкриває якісно нові перспективи для українсько-європейського співробітництва у сфері торгівлі електричною енергією та зниження рівня залежності усіх партнерів від імпорту

російських енергоносіїв.

Можемо констатувати, що станом на тепер уже досягнуто консенсусу та сформовано доволі ефективний координаційний майданчик взаємодії Уряду України з нашими дво- і багатосторонніми міжнародними партнерами, інститутами глобального менеджменту, урядовими і неурядовими організаціями у царині повоєнного відновлення нашої держави на засадах сталого розвитку. Так, стратегічна позиція Європейської комісії з цього питання (викладена нею у комюніке «Допомога і відбудова України» від 18.05.2022 р.) [30] полягає у наданні нашій державі масштабної фінансової підтримки задля відбудови інфраструктури, систем освіти й охорони здоров'я, а також забезпечення цифрової й енергетичної сталості. Остання має впроваджуватись, на думку експертів Єврокомісії, виключно на основі системного впровадження найбільш інноваційних і технологічно містких європейських політик, бізнес-практик та стандартів. Зокрема, інструмент фінансування RebuildUkraine Facility в обов'язковому порядку передбачає повну відповідність інвестиційних капіталовкладень ЄС в енергетичну інфраструктуру України європейським кліматичним й екологічним цілям, зафіксованим у Європейському зеленому курсі [234, с. 12].

Натомість фахівці Групи Світового банку, концентруючи основну увагу на секторальній підтримці нашої держави у повоєнний період, у своїй аналітичній записці «Допомога, відновлення та стійка відбудова: надання допомоги Україні у задоволенні невідкладних та середньострокових економічних потреб» [142] в якості одного зі стратегічних пріоритетів визначають побудову принципово нової енергетичної інфраструктури. Принагідно відзначимо, що попри відсутність у зазначеному документі чітко сформульованих механізмів «озеленення» енергосектору України, він містить цілу низку завдань сталої структурної модернізації вітчизняної економіки. Йдеться насамперед про зелену модернізацію національної енергетичної політики, підвищення рівня енергоефективності виробничого комплексу, зелене містобудування, розвиток сектору відновлювальної енергетики, зелену трансформацію секторів водопостачання та водовідведення, оптимізацію споживання енергії у житлових і комерційних будівлях, нарощування масштабів виробництва аграрної продукції з урахуванням

глобальних кліматичних змін тощо. При цьому усі зазначені напрями мають кореспондуватись, на думку фахівців Групи Світового банку, зі стратегічними цілями Європейського зеленого курсу та структурною динамікою загальноєвропейського енергетичного ринку, що засвідчує спільність поглядів Єврокомісії і Світового банку щодо стратегічних пріоритетів «озеленення» енергетичного сектору України.

Тут варто також нагадати, що стратегічна орієнтація нашої держави на докорінну зміну парадигми національного енергозабезпечення вперше була чітко інституціоналізована в Енергетичній стратегії України на період до 2035 р. [230]. Зазначений документ не тільки пріоритезував питання щодо декарбонізації української енергетики на основі повного заміщення застарілої вугільної генерації на відновлювальну, але й визначив конкретну ціль триразового зменшення обсягів споживання вугілля до 12 млн тонн нафтового еквіваленту до 2035 р. (порівняно з 38,3 млн у 2010 р.). Ще однією конкурентною перевагою Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. є формування у ній вищою мірою зважених підходів щодо розбудови у нашій державі безвуглецевої економіки та зміни структури енергоспоживання на користь відновлювальних джерел з повним урахуванням безпекових ризиків, а також орієнтацією на мобілізацію внутрішніх ресурсів та максимальне зменшення енергетичної залежності від енергоресурсів російської федерації.

Зауважимо, що ще у липні 2021 р. Кабінетом міністрів України було ухвалено Другий національний визначений внесок нашої держави до Паризької угоди (НВВ2). Згідно НВВ2, обсяг викидів парникових газів від вітчизняного енергетичного сектору має зменшитись на період до 2030 р. на 75% відносно обсягів викидів у 1990 р. (рис. 3.8), що становить стратегічний пріоритет виконання Україною взятих на себе міжнародних зобов'язань у сфері досягнення кліматичної нейтральності до 2060 р. Варто додати, що останні передбачають також значне зменшення емісії цілої низки інших сполук, а саме: метану, закису азоту, гідрофторвуглецю, перфторвуглецю, гексафториду сірки та трифториду азоту.

Окремої уваги заслуговує також нормативно-правова база України, яка інституціоналізує процеси її інтеграції у загальноєвропейський енергетичний

простір. Йдеться насамперед про Договір про заснування Енергетичного співтовариства [210], Угоду про асоціацію між Україною і Європейським Союзом (розділ IV. Торгівля і питання, пов'язані з торгівлею) [254], а також Ініціативу ЄС «Східне партнерство» [38], котрі у своїй сукупності визначають загальний контур секторальної інтеграції нашої держави до Євросоюзу в енергетичній сфері. Зокрема, Глава 11 Угоди про асоціацію¹⁸, інституціоналізує питання, з одного боку, щодо співробітництва України з ЄС у нафтовому секторі (на основі формування резервних запасів нафти і нафтопродуктів на випадок надзвичайних ситуацій); а з другого, щодо торгівлі газом та електричною енергією з використанням дистрибуційних каналів трубопровідних мереж та ліній електропередач.

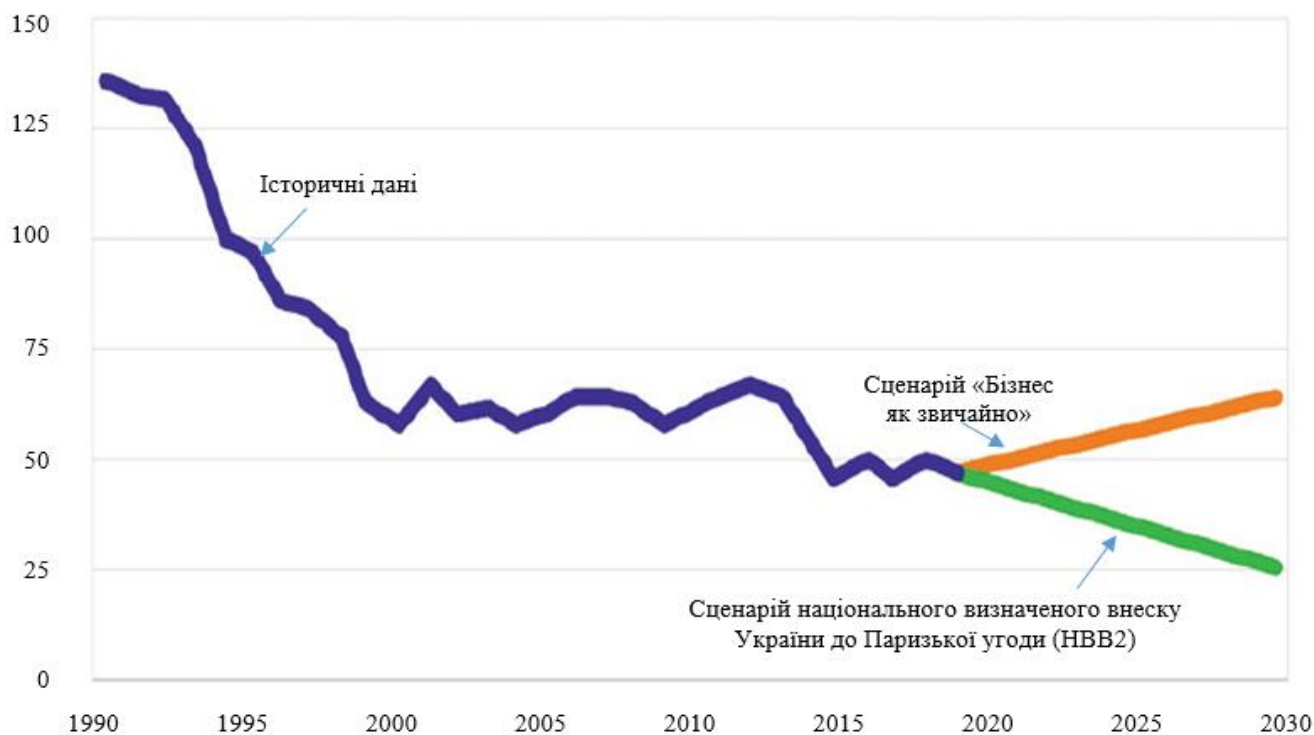


Рис. 3.8. Заплановані обсяги зменшення викидів парникових газів від енергетичного сектору України на період до 2030 р. за сценаріями «Бізнес як звичайно» та НВВ2¹⁹, млн тонн CO₂-еквівалента

Джерело: побудовано авторкою за даними [209, с. 53].

Своєю чергою, Ініціатива «Східне партнерство» має за мету розбудову тісного

¹⁸ Примітка.

Глава 11 «Питання, пов'язані з торгівлею енергоносіями».

¹⁹ Примітка.

Сценарій «Бізнес як звичайно» передбачає зменшення обсягів викидів на 39% порівняно з 1990 р., а сценарій національного визначеного внеску України до Паризької угоди – на 75% відповідно.

співробітництва Євросоюзу з Україною, Молдовою, Білоруссю, Грузією Вірменією та Азербайджаном на основі формування інституцій секторальної співпраці зазначених держав з ЄС, всебічної підтримки реалізації окремих флагманських ініціатив, підвищення рівня соціально-економічного розвитку і внутрішньої консолідації національних регіонів держав-учасниць Східного партнерства. Нарешті, що стосується Договору про заснування Енергетичного співтовариства (до якого Україна приєдналась ще у 2011 р.), то його інституційні рамки передбачають, як відомо, імплементацію загальноєвропейських директив і регламентів щодо газу та електричної енергії. А оскільки останні значною мірою відрізняються від відповідних документів, впроваджуваних у державах-членах ЄС, то на рівні уповноважених органів з реалізації Договору про заснування Енергетичного співтовариства передбачені рішення щодо адаптації цілої низки нормативних документів Євросоюзу²⁰.

Виходячи з вищесказаного, безальтернативним вважаємо повоєнне відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку, яке здатне справити потужний трансформаційний і мультиплікуючий вплив на структурну динаміку національної економіки на середньо- та довгострокову перспективу. Більше того, ключові структурні компоненти сталого відновлення вітчизняного енергосектору визначатимуть по суті провідні векторні мегатренди майбутнього макроекономічного зростання нашої держави на багато десятиліть вперед, упродовж яких власне й працюватимуть інвестиційні капіталовкладення в енергетику. Одночасно її системне «озеленення» повною мірою кореспондуватиметься зі стратегічними підходами до вирішення світовою спільнотою глобальної екологічної та кліматичної проблеми.

Тож робимо висновок: досягнення стратегічної мети щодо повоєнного

²⁰ Примітка.

Йдеться, зокрема, про Директиву Європарламенту і Ради Європи 2009/73/ЄС (13.07.2009 р.) про спільні правила внутрішнього ринку природного газу; а також чинні регламенти Єврокомісії 715/2009 (13.07.2009 р.) про умови доступу до мереж транспортування природного газу, 703/2015 (30.04.2015 р.) про запровадження мережевого кодексу щодо правил взаємодії та обміну даними, 2017/459 (16.03.2017 р.) про запровадження мережевого кодексу щодо механізмів розподілу потужності в газотранспортних системах, 2017/460 (16.03.2017 р.) про затвердження мережевого кодексу гармонізованих структур тарифів на послуги транспортування газу, 1227/2011 (25.10.2011 р.) щодо цілісності та транспарентності функціонування оптового енергетичного ринку, 312/2014 (26.03.2014 р.) про запровадження мережевого кодексу балансування газу в транспортних мережах [Національна безпека і оборона. Український центр економічних і політичних досліджень імені Олександра Разумкова. 2021. №1-2 (185-186), с. 24].

відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку передбачає формування зеленої енергетичної екосистеми. Вона має бути побудована, на нашу думку, на принципах повного дотримання вимог та норм енергоефективності й енергоощадності, адаптації до кліматичних та екологічних викликів глобального розвитку. Ключовими цільовими критеріями зеленої енергетичної екосистеми України є, зокрема, частка відновлювальної енергетики у кінцевому енергоспоживанні (яка має становити у 2030 р. не менше 30%), питома вага вугільної генерації у сукупному виробництві електричної енергії (не більше 10%), енергоефективність будівель (115 кВт год. / м²), обсяг відходів (0,22 тонн / особа / рік), вуглеємність економіки (0,5 тонн діоксиду вуглецю на 1 тис дол. США валового внутрішнього продукту), рівень втрат в енерго- та тепломережах (не більше 7% і 5% відповідно), частка вторинного перероблення відходів у загальному обсязі їх утворення (18%), та ін. (рис. 3.9).



Рис. 3.9. Головні цільові критерії розбудови зеленої енергетичної екосистеми України на період до 2030 р. (порівняно з 2023 р.), %

Джерело: побудовано авторкою за даними [209, с. 117].

При цьому зелена енергосистема має охоплювати кожен етап життєвого циклу

вітчизняної енергетичної інфраструктури та кожну її структурну ланку на основі використання так званих найкращих доступних технологій (*англ. – best available techniques*), котрі, як відомо, репрезентують найбільш ефективні, з точки зору захисту довкілля і боротьби з кліматичними змінами, технологічні розробки, впроваджені у діяльність компаній енергетичного сектору з урахуванням характеру експлуатації його інфраструктурних потужностей²¹. Це вимагає реалізації цілої низки технологічних, організаційно-економічних, інноваційних, адміністративних і фінансових заходів, здатних у сукупності забезпечити нашій державі національну енергетичну безпеку, її глибоку інтеграцію у спільний європейський енергопростір та сформовані у даному секторі економіки ЄС вартісні ланцюги.

Так, відправним пунктом переведення вітчизняної енергетики на засади сталого розвитку має стати *повна відмова України від теплової енергогенерації та системна її заміна відновлювальною генерацією на основі альтернативних джерел*. Найбільш обнадійливі перспективи у цьому плані пов'язані, зокрема, з нарощуванням технологічних потужностей вітчизняних ТЕС, що працюють на біомасі й органічному паливі, комбінованим виробництвом теплової та електричної енергії, утилізацією скидного тепла із застосуванням теплових насосів. У цьому зв'язку наголосимо, що навіть капітальна технологічна модернізація вітчизняної системи теплової генерації не здатна ефективно вирішити ключове питання щодо енергозабезпечення нашої держави, оскільки практично усі українські теплоелектростанції вже досягли нормативно встановлених граничних експлуатаційних термінів. Тож на перехідний період заміни теплової енергогенерації на відновлювальну нашій державі необхідно буде технологічно оновити не більше 5 ГВт чинних технологічних потужностей ТЕС замість 15 ГВт, передбачених ухваленим у 2021 р. (у відповідності до норм Директиви Євросоюзу

²¹ Примітка.

Станом на тепер загальна кількість застосовуваних у сфері енергоефективності найкращих доступних технологій перевищує 850. Для порівняння: відповідна цифра для сфери боротьби із забрудненням повітря становить 1340 технологій, транспортного сектору – 1047, управління природними ресурсами – майже 800, збереження біорізноманіття – біля 660, поводження з відходами – понад 650 [Tracking Economic Instruments and Finance for Biodiversity 2020. OECD, 2020. P. 16. URL: <https://www.oecd.org/environment/resources/tracking-economic-instruments-and-finance-for-biodiversity-2020.pdf>].

про промислові викиди 2010/75/ЄС) Національним планом скорочення викидів від великих спалювальних установок. Зазначений захід здатен забезпечити не тільки значну економію фінансових ресурсів у сумі біля 4,5 млрд євро, які можна буде спрямувати на будівництво технологічних потужностей відновлювальної енергогенерації та систем енергонакопичення, але й системну оптимізацію територіальної локації останніх на основі їх розміщення на виробничих майданчиках виведених з експлуатації ТЕС [209, с. 53]. Окрім того, усі діючі в Україні вугільні теплоелектростанції на період до 2030 р. можуть використовуватись в якості урівноважуючих та балансуєчих потужностей, що є вагомим механізмом забезпечення національної енергетичної безпеки нашої держави.

Наступним стратегічним напрямом повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку має стати *комплексна реновація лінійної частини та технологічних об'єктів вітчизняної газорозподільної системи*. Йдеться насамперед про традиційні та шафові газорегуляторні пункти, модернізація яких забезпечить як безаварійну і стабільну роботу розподільних мереж, так і значне нарощування обсягів поставок газу кінцевим споживачам, суттєве зменшення втрат газу (а отже – вуглецевого сліду сектору газорозподілу), а також зниження сукупних фінансових витрат на проведення поточних ремонтних робіт. Не слід скидати з рахунків і того факту, що реновація вітчизняної газорозподільної системи здатна також *згенерувати цілу низку опосередкованих соціально-економічних та поведінкових ефектів щодо переведення української енергетики на модель сталого розвитку*. Це, зокрема:

- системна інвентаризація техніко-технологічного стану газорозподільних мереж із залученням до даного процесу усіх груп стейкхолдерів;
- заміна газорозподільних мереж на основі застосування інноваційних технологій «Build better and greener», котрі у розвинутих державах світу вже підтвердили свою високу ефективність щодо побудови безвуглецевої енергетики та циркулярної економіки, екологічної стандартизації енергетичних секторів країн, а також зменшення залежності їх національних економік від викопних видів палива;

- формування потужних мотиваційних стимулів у кінцевих споживачів газу щодо підвищення рівня енергоефективності його споживання завдяки обладнанню прибудинкових мереж відповідними телеметричними приладами газообліку та контролю газопостачання;

- взяття операторами газорозподільчих мереж зобов'язань щодо зниження вуглецевого сліду своїх технологічних процесів на основі зменшення системних втрат газу;

- формування техніко-технологічних можливостей щодо транспортування суміші природного газу та водню у відношенні 80% на 20% у рамках газомережевого редизайну [234, с. 31].

Наголосимо, що усі зазначені опосередковані соціально-економічні ефекти «озеленення» національного енергетичного сектору будуть досягнуті навіть за умов неврахування стратегічних цілей щодо його переведення на модель сталого розвитку на основі застосування відповідних економічних стимулів і тарифних механізмів. Даний факт підтверджує історичну незворотність загальної траєкторії повоєнного відновлення енергетичного сектору України у загальному руслі глобальних енергетичних трансформацій. З цією метою у нашій державі мають бути реалізовані найрішучіші заходи у царині *тарифного стимулювання реновації газорозподільних мереж за так званим підходом «shrinkage allowances»* що його впроваджує на сьогодні британський регулятор Ofgem [165]. Даний підхід передбачає насамперед чіткий розрахунок операторами газорозподільних мереж на основі моделі Advantica власних мережевих втрат газу, які включають його витік, власне споживання і крадіжки газу, а отже – формують вуглецевий слід бізнес-діяльності операторів ²². Після схвалення отриманої цифри газових втрат регулятором, згідно норм Єдиного мережевого кодексу (UNC), він виділяє фінансування на закупівлю газу для покриття його мережевих втрат.

Відтак – за умов перевищення схвалених Ofgem обсягів газових втрат оператори змушені покривати їх купівлю власним коштом, тоді як у разі зменшення

²² Примітка.

Вуглецевий слід газорозподільних мережевих компаній становить нині близько 1% загальних викидів парникових газів у Великобританії [165].

втрат зекономлені кошти залишаються у розпорядженні операторів, а отже – можуть бути використані для інвестиційних капіталовкладень у технологічну модернізацію газорозподільних мереж. У такий спосіб оператори отримують потужні стимули щодо ефективного використання отриманих від регулятора капітальних інвестицій, що забезпечує доволі високу економічну ефективність реноваційних інвестиційних програм і цільових програм технологічної модернізації газорозподільної інфраструктури.

Окрім тарифного стимулювання реновації газорозподільних мереж, ще одним потужним фінансовим стимулом їх модернізації, який має усі перспективи бути реалізованим в Україні, є також *виділення фінансування на термінове відновлення газорозподільної інфраструктури* з обов'язковим дотриманням при цьому принципу пріоритетності відбудови критично важливих для енергетичної безпеки нашої держави інфраструктурних потужностей. Йдеться насамперед про безумовну першочерговість заміни чи модернізації газопроводів з найвищим рівнем аварійності та найбільшим безпековим потенціалом безперебійного і стабільного постачання газу споживачам. Доцільним при цьому є також *розроблення і впровадження системних індикаторів якісної оцінки ефективності технологічної експлуатації об'єктів вітчизняної газорозподільної інфраструктури*. До них, окрім згаданих вище мережевих втрат газу та продукowanego при цьому вуглецевого сліду газорозподільної системи, мають бути включені також показники щодо кількості поломок та аварій на одиницю довжини мереж, динаміка їх зменшення, безпечність розподілу, якості обслуговування технологічного обладнання і приладів, правильності вибору режимних карт тощо.

Стратегічно важливу роль у процесі реновації газорозподільної інфраструктури України може відіграти *реалізація загальнонаціональної цільової програми заміни газорозподільних мереж на основі тарифу на розподіл на систему RAB-регулювання* ²³. Подібний фінансовий інструмент вже знайшов своє впровадження у Програмі зменшення ризиків залізних мереж (*англ. – Iron Mains*

²³ Примітка.

RAB-регулювання являє собою систему формування тарифів способом довготермінового (на 3-5 років) регулювання розміру тарифів з метою стимулювання інвестиційних капіталовкладень у будівництво і модернізацію енергетичних мереж та оптимізацію трансакційних витрат енергорозподільних компаній.

Risk Reduction Programme), що її реалізує нині Управління охорони здоров'я і безпеки праці Великобританії [89]. У рамках реалізації цієї програми оператори за схваленою регулятором методикою оцінюють ризики експлуатації газорозподільних мереж, на основі яких розробляються річні плани їх заміни чи реновації через тариф на розподіл. Таким чином, реалізація в Україні загальнонаціональної цільової програми заміни газорозподільних мереж має відбуватись виключно на основі принципу «build back better». Зазначений принцип передбачає повоєнне відновлення енергетичного сектору нашої держави на основі зелених інвестицій, міжнародних екологічних стандартів, а також кліматично розумної та інклюзивної його відбудови на засадах сталого розвитку.

Повоєнна відбудова енергетичного сектору України на зелених засадах передбачає також *розбудову у нашій державі диверсифікованої системи енергетичного аудиту та муніципальних систем енергоменеджменту з одночасним формуванням національної системи освітньо-професійної підготовки енергоаудиторів*. Найбільш результативним шляхом досягнення зазначених цілей вважаємо реалізацію відповідних пілотних проєктів на рівні міських агломерацій, котрі мають поетапно, однак рішуче, відмовлятись від вугільної генерації та активно переходити до використання зеленої енергії. У міжнародній практиці можна навести значну кількість успішних прикладів динамічного розвитку локальної зеленої енергетики, зокрема, 40 великих міст (на кшталт Базеля чи Рейк'явіка), котрі активно рухаються траєкторією зеленої електрогенерації та вже сьогодні 100% електроспоживання забезпечують з відновлювальних джерел, а також міських агломерацій, в енергоспоживанні яких частка відновлювальної енергії стабільно перевищує 65% (наприклад Найробі, Осло, Сіетл чи Ванкувер) [234, с. 29].

Відтак – пілотні зелені енергетичні проєкти на рівні великих міських агломерацій України здатні згенерувати, на нашу думку, потужний демонстраційний ефект щодо системного переведення національного енергосектору нашої держави на засади сталого розвитку у процесі його повоєнного відновлення. При цьому вагому стимулюючу роль в «озелененні» енергозабезпечення українських міст здатен відіграти *докорінний перегляд чинних*

норм централізованого опалення багатоквартирних будинків з одночасним забезпеченням комерційного обліку споживання теплової енергії.

Окрім того, на час сьогодні й завершення процесу повної децентралізації вітчизняної енергетичної системи на рівні локальних ринків паливних матеріалів і логістики їх постачання, муніципального транспорту, реалізації місцевих програм реновації теплоенергетичних інфраструктурних об'єктів тощо. Ключову роль тут має відіграти запровадження загальнонаціональної системи управління розподіленими енергетичними ресурсами на основі віртуальних, активних і мікромереж. Подібний підхід може бути застосований також і у процесі агрегації енергетичних ресурсів та суб'єктів балансуєного сегменту вітчизняного ринку електричної енергії. Це дасть змогу не тільки усунути усі наявні обмеження щодо видачі генеруючими підприємствами енергопотужності та розбудувати надійне інфраструктурне забезпечення електротранспорту, але й впровадити на системному рівні концепції розумного обліку споживання електричної енергії та розумних енергомереж, що передбачають широкі можливості стабілізації потужності, оперативного прогнозування збоїв у режимі роботи енергомереж та їх миттєвої оптимізації, а також двосторонньої взаємодії виробників зі споживачами енерготоварів.

Що ж стосується системи освітньо-професійної підготовки в Україні енергоаудиторів, то найважливішим завданням на сьогодні є визначення потреб національної економіки у фахівцях даного профілю щонайменше на період до 2030р. Станом на тепер їх підготовку здійснюють майже сорок вищих навчальних закладів нашої держави, котрі формують високопрофесійний кадровий ресурс для вітчизняного сектору забезпечення енергетичної ефективності, реформування житлово-комунальної сфери, обстеження стану та сертифікації інженерних систем житлових і комерційних будівель. Між тим, актуального значення на сьогодні набуває впровадження на базі українських університетів інженерного профілю диверсифікованих програм дуального навчання енергоаудиторів насамперед на основі глибокого співробітництва вищих навчальних закладів з провідними вітчизняними компаніями і фірмами енергетичного сектору. Одночасно з боку держави мають бути підтримані проекти і програми співробітництва українських

технічних університетів у провідними науковими центрами держав Західної Європи та Сполучених Штатів Америки у сфері удосконалення освітньо-професійних програм, академічної мобільності викладацького корпусу, стажування студентів і слухачів тощо.

Вагомого значення у повоєнній відбудові енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку набуває *нарощування інвестиційного фінансування проєктів у рамках реалізації завдань, поставлених Другим національним визначеним внеском України до Паризької угоди*. Його сума на період до 2030 р. оцінюється на рівні близько 102 млрд євро, з яких 93 млрд піде на енергетику й енергозабезпечення вітчизняного промислового сектору: промисловість (37 млрд), виробництво енергії та тепла (26 млрд), будівлі (16 млрд) та сільське господарство (2 млрд) (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Вартісний обсяг капітальних інвестицій, необхідних для досягнення завдань Другого національного визначеного внеску України до Паризької угоди

Сектор фінансування	Вартісний обсяг капітальних інвестицій, млрд євро
Енергетичний сектор та енергетичне забезпечення промислового сектору (за виключенням споживчих енерговитрат), у тому числі:	93
- сільське господарство	2
- виробництво енергії та тепла	26
- промисловість	37
- будівлі (за виключенням споживчих витрат)	16
Опалення житлових і комерційних приміщень, у тому числі:	16
- термомодернізація приміщень	13
Видобування та транспортування енергетичних ресурсів	8
Транспортний сектор (за виключенням споживчих витрат), у тому числі:	3
- приватний автотранспорт	3
Сільське господарство	2,3
Землекористування та лісове господарство	3
Управління відходами	2
Усього	102

Джерело: побудовано авторкою за даними [234, с. 54].

З загальної суми необхідних інвестицій наша держава здатна мобілізувати з внутрішніх джерел не більше 30%, тоді як решта 70% має бути залучена за рахунок зовнішнього фінансування, а саме: російських репарацій і заморожених активів рф, донорської і грантової допомоги, кредитного капіталу іноземних банків, пільгових

позик від зарубіжних партнерів та приватного інвестування. Відтак – актуального значення набуває *поглиблення співробітництва українських дипломатичних структур із зарубіжними партнерами* у сфері позбавлення росії права накладення вето у Раді безпеки ООН, створення механізму стягнення репарацій з країни-агресора без її згоди, заснування на інституційному майданчику Генеральної асамблеї ООН так званого «ad hoc трибуналу» (міжнародного кримінального суду на кшталт того, що був заснований для Кампучії та С'єрра-Леоне) та ін.

У повоєнному відновленні енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку важко переоцінити значення такого напрямку як *системна розбудова сектору відновлювальної енергетики на основі підвищення її маневрових і балансуючих ресурсів*. Наголосимо, що довоєнний період характеризувався доволі високою динамікою розвитку української ВДЕ, коли тільки у період 2009-2021 рр. у вітчизняний сектор відновлювальної енергетики було вкладено іноземних інвестицій на загальну суму 12,7 млрд дол. США з коливанням вартісного обсягу річних інвестицій від мінімальних 0,1 млрд у 2009 до максимальних 3,5 млрд у 2019р. [1]. Довоєнний період характеризувався також неухильним збільшенням кількості введених в експлуатацію інфраструктурних об'єктів відновлювальної енергетики, встановлена потужність яких (з урахуванням сонячних установок приватних домогосподарств) становила на кінець 2021 р. майже 9,7 ГВт [244]. Більше того, до початку війни з-поміж сімнадцяти держав Центральної Азії, Центральної і Східної Європи Україна мала найвищі темпи щорічного приросту обсягів відновлювальної електрогенерації, потужності якої з 2017 р. до 2021 р. збільшились на 8,3 ГВт [261].

Хоча лівова частка зазначених потужностей вітчизняної ВДЕ вже втрачена під час російсько-української війни, однак поряд з відновленням її фізичної інфраструктури не меншого значення набувають питання щодо *нарощування маневрового ресурсного потенціалу української відновлювальної енергетики та підвищення рівня її технологічної і балансуєчої гнучкості*. Зазначені заходи у своїй сукупності здатні забезпечити поглиблення інтеграційного включення сектору відновлювальної енергетики до структури вітчизняної і європейської енергетичних систем. Вирішальну роль тут здатні відіграти *технології високоманеврової*

теплової генерації на основі газотурбінних установок і газопоршневих двигунів; накопичення електричної і теплової енергії за моделлю «Power to Power»; підтримання і регулювання частоти електричного струму; високоманеврової електрогенерації на основі гідро- та гідроакумулювальних електростанцій; електролізу водню за моделлю «Power to Gas»; малих модульних ядерних реакторів; утилізації профіцитів електроенергії в енергетичній системі за моделлю «Power to X» тощо.

Тут варто також нагадати про величезні ресурсні можливості щодо розвитку вітчизняного сектору відновлювальної енергетики, якими володіють діючі інфраструктурні об'єкти АТ «Укргідроенерго». Саме на їх виробничих майданчиках вже сьогодні не тільки можуть розміщуватись системи накопичення електричної енергії, але й органічно комбінуватись з інсталяцією обладнання сонячної електрогенерації загальною потужністю відповідно 200 і 35 МВт. З-поміж подібного роду інфраструктурних об'єктів назвемо, зокрема, Київську ГАЕС (з технологічною потужністю 40 МВт електронакопичення та 10 МВт сонячного електрогенерації); Канівську гідроелектростанцію (60 і 13 МВт); Кременчуцьку ГЕС (60 і 6 МВт); Середньодніпровську гідроелектростанцію (25 і 5 МВт) [209, с. 113, 114]. Створення ж єдиної інфраструктурної мережі збирання, транспортування і перероблення біомаси для виробництва біопалива, теплової й електричної енергії дасть змогу вивести вітчизняний енергосектор на якісно вищий щабель «озеленення» і сталого розвитку.

Системна розбудова в Україні сектору відновлювальної енергетики у його екосистемному форматі є неможливою без *встановлення на територіях локалізації вугільних теплоелектростанцій систем уловлювання вуглекислого газу та технологічного обладнання сонячної електрогенерації*. Останнє, забезпечуючи акумулювання виробленої енергії у рідкій розплавленій солі та перетворення вуглекислого газу у сухий лід, дасть змогу у разі виникнення потреби у додатковій потужності нагріти сухий лід розплавленою сіллю до стану надкритичного флюїду (тобто відсутності у матерії конкретних рідинних чи газових характеристик), а отже – запустити турбіну електрогенерації. У такий спосіб одночасно досягатимуться три стратегічні мети «озеленення» вітчизняного енергосектору: по-перше,

зниження викидів CO₂ від вугільної генерації; по-друге, підвищення рівня її маневреності і гнучкості як запоруки глибокої інтеграції в інфраструктурну мережу водневої енергетики; по-третє, виробництво води і метану для електрогенерації під час реакції Саботьє [65, с. 163-164]. Таким чином, у своїй сукупності усі зазначені заходи здатні будуть забезпечити не тільки покриття пікових навантажень графіку енергопостачань та формування аварійних резервів енергосистеми, але й практично необмежені ресурсні можливості розвитку українських електростанцій відновлювальної генерації та повне задоволення внутрішнього енергетичного попиту.

Ще одним пріоритетним напрямом повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку є *створення на базі газотранспортної інфраструктури нашої держави східноєвропейського газового хабу*. Головними передумовами реалізації Україною даного амбітного проєкту є насамперед її вигідне географічне положення, значні національні поклади природного газу та доволі розгалужена газотранспортна мережа. У сукупності вони формують для нашої держави дуже сприятливі умови для організації на її території цілої низки торговельних майданчиків, де реалізовуватимуться операції з обміну правами власності на газ на основі укладення ф'ючерсних і спотових контрактів в межах спеціалізованих торговельних зон, платформ і бірж. Так, за умов запуску газового хабу у 2025 р. вже у 2030 р. ціна на природний газ формуватиметься в Україні за формулою «котирування європейського хабу мінус транспортування» [209, с. 105, 106].

З погляду організаційно-економічного механізму функціонування на території України газового хабу пріоритетними заходами мають стати насамперед: *дерегулювання та забезпечення транспарентності процесу ціноутворення на газ; перенесення локальних точок його приймання і передачі із західного на східний кордон; стандартизація правил біржової торгівлі та надання виробникам газу можливостей укласти прямі контракти зі споживачами*. Потужними рушійними силами розбудови на території України газового хабу є також *встановлення цінових індексів на газ на основі нарощування ліквідності спеціалізованих торговельних зон; збільшення кількості торгів ф'ючерсними*

газовими контрактами та страхування цінових ризиків.

Маємо зазначити, що створений на території України східноєвропейський газовий хаб має усі перспективи у найкоротші терміни набути багатофункціонального характеру з реалізацією функцій щодо фізичного передавання природного газу, його перепродажу та перевантаження з одного виду транспорту в інший, а також фінансового обслуговування і довгострокового кредитування операцій з купівлі-продажу газу. Реалізація зазначених функцій потребує застосування імпортного паритету для пом'якшення валютних і цінових ризиків та нарощування ліквідності національних майданчиків торгівлі газом [209, с. 101]. Це дасть змогу інтегрувати вітчизняну газову інфраструктуру у ринок Європейського Союзу, суттєво диверсифікувати енергетичне співробітництво України з Туреччиною й Азербайджаном та значно послабити вплив російської федерації у чорноморському регіоні.

Окремої уваги у повоєнному відновленні енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку заслуговує також його *системна діджиталізація*. Йдеться насамперед про *запровадження блокчейн-технологій у практику реалізації торговельних операцій з газом, співфінансування будівництва об'єктів ВДЕ, сегментацію корпоративних прав в енергосекторі, контролю за рівнем споживання енергоресурсів, державного контролю квот для виробників зеленої енергії, диспетчеризації даних, управління інфраструктурою для обслуговування електромобілей, отримання прибутків від роботи великих сонячних електростанцій тощо*. Вважаємо, що переведення вітчизняного енергетичного сектору на технології блокчейну здатне забезпечити значне зменшення трансакційних витрат торговельних операцій з газом, підвищення їх ринкової конкурентоспроможності, відкриття доступу до ринку газу малим і середнім його продуцентам та отримання ними широких можливостей продавати вироблену енергію іншим учасникам газотранспортної мережі.

Не слід скидати з рахунків і таких вагомих конкурентних переваг блокчейну у сфері енергетики як забезпечення прозорого контролю за операціями з видачі і використання зелених сертифікатів, усунення посередників та запровадження смарт-контрактів у торгівлі газом, за яких його кінцеві споживачі можуть купувати

необхідну кількість даного енергоресурсу безпосередньо у його виробників. Це забезпечує не тільки високий рівень довіри між усіма учасниками енергетичних мереж, але й ефективне конкурентне середовище функціонування енергоринків, формування справедливих цін на енергетичні товари для усіх категорій кінцевих споживачів, нарощування інвестиційних капіталовкладень у вітчизняний газовидобуток, залучення замовлень на обслуговування компаній суміжних секторів економіки. Не випадково, станом на тепер у глобальному енергетичному секторі за блокчейн-технологіями реалізується більше 200 проєктів за участі державних компаній та владних інституцій, кожен з яких потребував інвестиційних капіталовкладень на суму близько 0,6 млрд дол. США. З погляду ж конкретних компаній, то нині підтвердили свою прихильність блокчейн-технологіям понад 100 «левіафанів» світової енергетичної індустрії, з-поміж яких найбільший комерційний інтерес демонструють, зокрема Терсо (Респ. Корея), EDF та Engie (Франція), Duke Energy (США), Shell (Великобританія та Голландія) та багато інших [201].

У повоєнному відновленні енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку вимагає оперативного вирішення й цілої низки *фінансових питань*. Це, зокрема:

- запровадження на території України системи торгівлі квотами на емісію парникових газів та її повну конвергенцію з чинною на території Європейського Союзу Системою торгівлі викидами (*англ. – European Union Trading System – EU ETS*);
- розроблення і реалізація заходів щодо захисту інвестицій та стимулювання іноземних інвесторів, котрі фінансують нові капіталомісткі проєкти в енергетиці на основі зелених технологій і високотехнологічного обладнання;
- запровадження інструментарію зеленого фінансування (зеленого банківництва, зелених інвестицій і облігацій);
- введення зобов'язань відносно зареєстрованих на території України суб'єктів господарювання надавати нефінансову звітність щодо реалізованих заходів у сфері протидії екологічним загрозам і кліматичним змінам;
- реалізація концесійних механізмів державно-приватного партнерства у сфері розбудови зеленої енергетичної інфраструктури на основі чіткого встановлення прав і

обов'язків концесіонерів залежно від обсягу вкладених ними інвестицій; запровадження стандартизованих методичних підходів до оцінки комерційного ефекту енергетичних проєктів; створення системи управління й розподілу податкових і фінансових ризиків суб'єктів концесійних угод та ін. [242].

Ще один перспективний напрям повоєнної відбудови енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку пов'язаний з фронтальним *впровадженням на вітчизняних підприємствах усіх форм власності системи екологічного менеджменту й аудиту (англ. – Eco-Management and Audit Scheme – EMAS) та зобов'язаннями великих промислових підприємств пройти сертифікаційний аудит енергоменеджменту згідно стандарту ISO 50001*. Одночасно й самі споживачі мають бути всебічно підтримані і фінансово простимульовані з боку держави в частині впровадження інноваційних практик утилізації побутових відходів, встановлення власним коштом лічильників газу, теплової та електричної енергії тощо. Окрім того, вагому роль у процесі «озеленення» вітчизняного енергосектору здатна відіграти оптимізація структури вітчизняної інституційно-регуляторної системи у напрямі кардинального зменшення кількості державних контролюючих і регуляторних інституцій у сфері екології і захисту навколишнього середовища та запровадження для усіх суб'єктів господарювання єдиного природоохоронного дозволу з чіткою системою моніторингу дотримання екологічних стандартів і нормативно-правових актів природоохоронного профілю.

Особливу увагу при цьому слід приділити також питанню щодо підвищення якості обслуговування вітчизняних споживачів енерготоварів на основі *запровадження в Україні на законодавчому рівні інституту енергетичного омбудсмена*. Дане питання, набуваючи особливої актуальності за умов лібералізації й «озеленення» вітчизняного енергоринку, вимагає орієнтації зазначеного інституту на адвокацію прав побутових споживачів та компаній малого бізнесу на вчинені дії чи бездіяльність постачальників електроенергії й операторів розподільних систем, гарантування європейських стандартів обслуговування споживачів, їх інформування щодо прав і обов'язків, розширення можливостей позасудового вирішення споживчих спорів за їх участі у сфері енергетики та житлово-комунальних послуг. Наголосимо, що у своїй сукупності зазначені функції інституту енергетичного омбудсмена лежать в основі здійснення ним проактивного впливу на процеси розроблення і виконання

нормативно-правових актів, що регулюють енергетичний сектор України, за умови безумовного дотримання принципу незалежності омбудсмена від впливу державних владних інституцій, ринкових регуляторів та бізнесу (як того вимагає Директива Європарламенту і Ради 2013/11/ЄС про альтернативне вирішення споживчих спорів).

Обґрунтовуючи стратегічні пріоритети повоєнного відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку, треба також акцентувати увагу на необхідності *удосконалення чинної у нашій державі системи надрокористування*. Звернімо увагу на те, що з кінця 2022 р. у цій сфері вже реалізовано цілу низку дуже прогресивних змін, передбачених Законом України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами» від 01.12.2022 р. №2805-IX [233], який набув чинності у березні 2023 р. Даний закон зрушив з «мертвої точки» значну кількість важливих питань у сфері надрокористування, зокрема: заборони користуватись українськими надрами громадян та резидентів рф; створення економічного паспорту українців з наділенням їх правами на отримання частини рентних платежів від надрокористування; формування єдиної системи геологічної інформації; спрощення дозвільних процедур та протидії незаконному видобутку корисних копалин; розв'язання комплексної проблеми так званих «сплячих ліцензій»; вільного обігу спецдозволів на користування надрами та спрощення доступу їх власників до земельних ділянок; запровадження міжнародних стандартів оцінки запасів корисних копалин; системної діджиталізації користування надрами та спрощення доступу економічних суб'єктів до геологічної інформації та ін.

Разом з тим, не до кінця *урегульованими дотепер залишаються питання щодо:* запровадження на видобувних підприємствах державної форми власності середньо- та довгострокових моделей бюджетування; підвищення рівня фінансової та управлінської автономії АТ «Укргазвидобування» в організаційній структурі НАК «Нафтогаз України»; відкриття доступу АТ «Укргазвидобування» до усього розвіданого газового ресурсу з наданням компанії права самостійно продавати на відкритому ринку газ власного видобутку через електронно-торговельну платформу ProZorro. Негайного вирішення потребують також питання щодо погодження технічної документації при оформленні земельних сервітутів для реалізації усього комплексу робіт з розвідування і видобування вуглеводневої сировини; отримання

користувачами чи власниками земельних ділянок для користування надрами матеріальної компенсації; обліку термінів погодження й укладення документації на користування землею; вирубування лісів і чагарників в межах розроблюваних родовищ та зміни їх цільового використання; оформлення землі для користування надрами, чиї поклади локалізуються під землями лісо- і сільськогосподарського призначення тощо [237].

Узагальнюючи вищенаведене, наголосимо, що усі зазначені заходи «озеленення» енергетичного сектору України здатні у повоєнний період не тільки забезпечити його системну модернізацію на засадах сталого розвитку, але й суттєво підвищити рівень його продуктивності та інтеграції у європейський енергетичний простір. Саме в рамках останнього можуть бути сформовані усталені матеріально-технічні й організаційно-економічні передумови національної енергетичної безпеки нашої держави з розбудовою диверсифікованих коопераційних зв'язків українських та європейських виробників енерготоварів. У такий спосіб може бути досягнуто як суттєве зростання доходів і зайнятості у вітчизняному енергетичному секторі, так і підвищення ефективності його функціонування та більш повного задоволення енергетичних потреб українських і європейських енергоспоживачів без нанесення шкоди довкіллю.

Висновки до розділу 3

1. Світова спільнота в останні десятиліття напрацювала цілу низку механізмів «озеленення» енергетичного сектору та його переведення на сталу модель розвитку. Вони реалізуються на національному, регіональному і наднаціональному рівнях та сформували в останні десятиліття загальний організаційний й інституційно-регуляторний «каркас» економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій. Зазначені рівні суттєво відрізняються між собою як за спектром охоплених мотиваційним інструментарієм сфер функціонування енергетичного сектору, так і домінуючими їх важелями, широтою регуляторних повноважень владних інституцій та сферами регламентування економічних відносин, які виникають у функціонуванні глобальної енергетичної індустрії.

2. Функціональні виміри економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій, котрі охоплюють податково-бюджетні, тарифно-цінові і фінансові механізми та реалізуються на платформі державно-приватного партнерства, здатні у сукупності забезпечити системну розбудову сталої моделі світового енергозабезпечення. В сучасних умовах національними урядами впроваджується доволі розвинена система заохочення зеленої енергетики, у якій переважна більшість податкових пільг надається урядами і місцевими органами державної влади з використанням таких форм оподаткування як: податки з «незелених» технологій та технологічного обладнання; оподаткування сировини і палива, залученого до виробництва енерготоварів; оподаткування емітованих при виробництві викидів за умови, що його розмір буде більшим порівняно з витратами бізнес-структур на встановлення очисних споруд та ін.

3. У системі тарифно-цінових механізмів економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій головну роль відіграють стимулюючі інструменти, котрі мають стосунок до регулювання цін (підтримка цін на енергоносії на основі фіксованої тарифікації, прямі державні трансферти, кількісні обмеження експорту та імпорту енергії, заниження цін на дозволи і ліцензії, пільгові проценти за кредитами, перенесення ризиків та ін.); рівня виробничих витрат (інструменти преференційного інвестування зеленої енергетики, її державного і муніципального субсидування, субсидування позичкового капіталу та інвестиційних витрат на енергетичні проекти, запровадження нульових кредитних ставок з подальшою компенсацією кредиторам доходів зі спеціальних фондів та ін.) та обсягів зеленої електрогенерації (енергетичне квотування на основі системи зелених сертифікатів, торги (тендери) на поставки зеленої електроенергії, сальдований облік її споживання, угоди про закупівлю електричної енергії, фінансування досліджень і розробок зеленого енергетичного напрямку та ін.). Їх широка імплементація в останні десятиліття забезпечила високу динаміку розвитку зеленого сегменту національних енергетичних ринків держав-лідерів, завдяки чому вони домоглися суттєвого підвищення рівня своєї зеленої конкурентоспроможності у глобальних координатах.

4. Фінансовий механізм економічної мотивації глобальних енергетичних трансформацій впроваджують на сьогодні держави, бізнес-структури, інституційні інвестори, банки, дохідні компанії і пенсійні фонди, фонди суверенного багатства й

інфраструктурні фонди, ETF-біржові і пайові інвестиційні фонди, управляючі активами та різного роду фінансові інститути у рамках програм і проєктів зеленого фінансування. У його арсеналі найважливішу роль відіграють інструменти зелених облігацій і зелених банківських кредитів, зеленого страхування і технічної допомоги, сек'юритизації і зеленої брокерської діяльності.

5. Попри значну увагу, що їй приділяють національні уряди розвитку енергетичного сектору та регулюванню поточних ринкових параметрів його функціонування, залученню в ПЕК інвестиційного капіталу та високоефективних технологій, перманентній модернізації основних фондів і технологічного обладнання, стрімкі темпи інтернаціоналізації та глобалізації енергетики в останні десятиліття актуалізують питання щодо значного посилення енергетичної взаємозалежності держав і цілих регіонів. Це робить практично неможливим процес автономного вирішення країнами проблеми власного національного енергоспоживання, а отже – потребує ефективного розв'язання ними усього спектру питань щодо забезпечення енергетичної безпеки на регіональному і глобальному рівнях.

6. Нинішня енергетична криза спричинена стрімким вичерпуванням паливно-енергетичних ресурсів, динамічним нарощуванням світового попиту на них, посиленням антропогенного навантаження на довкілля та поглибленням світової екологічної проблеми. Вона має принципово іншу економічну природу і є першою, воістину глобальною кризою. Стратегічними напрямками забезпечення глобальної енергетичної безпеки в сучасних умовах є: нарощування інвестиційних капіталовкладень у розвиток зеленої енергетики та глибока конвергенція окремих її структурних підсистем і технологій; системна інтеграція до інвестиційних процесів глобальних інститутів фінансового менеджменту та різного роду організацій сприяння міжнародному розвитку; встановлення чітких стандартів та зобов'язань з підготовки суб'єктами господарювання звітності щодо рівня екологічності своєї економічної діяльності; впровадження чітких норм і правил реалізації програм і проєктів структурних трансформацій у вуглецеві секторах світового енергетичного комплексу; уникнення витрат на підтримку і модернізацію енергетичної інфраструктури з високими вуглецевими викидами на довгострокову перспективу; створення і введення в експлуатацію малих модульних реакторів; запровадження на світовому ринку міжнародно визнаної транспарентної системи екологічної оцінки і

сертифікації товарів і послуг; розбудова світового ринку довгострокової секвестрації вуглецю (пошук на планеті придатних для безпечного й ізольованого зберігання уловленого вуглецю геологічних формацій з подальшою інституціоналізацією прав власності на них, встановленням орендної плати за їх користування та залученням масштабних інвестиційних капіталовкладень у їх розвиток); інтеграція регіональних сегментів ринків природного газу та електричної енергії; надання домогосподарствам адресних трансфертів і субсидій для забезпечення їх енергоспоживання на рівні прожиткового мінімуму; поглиблення міжнародного співробітництва у сфері управління кліматичними змінами на основі заснування альянсів країн та регіональних інтеграційних угруповань із забезпеченням державам-учасникам максимальних преференційних режимів торгівлі у випадку виконання ними встановлених природоохоронних показників та ін.

7. У реалізації глобального енергетичного переходу важливу роль здатен відіграти зелений водень, який разом зі своїми похідними (аміаком і метанолом) здатен не тільки докорінно змінити геополітичний ландшафт світового енергетичного сектору, але й сформувати якісно нові глобальні центри зеленої індустріалізації і диверсифікувати наявні торговельні маршрути енергопоставок. Це вимагає реалізації цілого комплексу заходів державного впливу: державне страхування ризиків інвестиційних капіталовкладень у даний сектор та формування стійкого ринкового попиту на чистий водень способом його державних закупівель та укладення так званих «контрактів на цінові різниці»; запровадження у господарську практику узгоджених на міжнародному рівні стандартів та процедур моніторингу і сертифікації зеленого водню; надання країнам, що розвиваються, фінансової та технічної допомоги для їх повноцінного включення у процеси зеленої індустріалізації у статусі безпосередніх виробничих майданчиків, а не постачальників молекул зеленого водню для глобальних центрів промислового попиту, локалізованих на території провідних держав світу.

Основні результати розділу опубліковано у наукових працях авторки [211; 215; 218; 219; 222].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі здійснено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукової задачі щодо визначення економічної природи, рушійних сил та векторної спрямованості енергетичної трансформації у глобальній парадигмі сталого розвитку. Це дало авторці змогу сформулювати низку висновків теоретичного та практичного значення:

1. У сучасному теоретичному дискурсі дослідження процесів економічної глобалізації парадигма сталого розвитку репрезентує найбільш глибоке концептуальне осмислення механізмів конвергентної взаємодії суспільства і природи, а також виживання людської цивілізації на основі відтворення довкілля у масштабах, необхідних для повернення до меж господарської місткості біосфери. Хоча вже багато років дана парадигма є наріжним каменем наукових розробок вітчизняних і західних учених, однак дотепер вона характеризується значною складністю, багатоваріантністю і багатоаспектністю досліджень. В останні десятиліття концептуалізація сталого розвитку набула широкого трансдисциплінарного поширення з причин домінуючих глобальних витоків проблем захисту довкілля, послаблення антропогенного навантаження на нього, екологізації економічного розвитку та його переходу на низьковуглецеву основу. Гострота поточної ситуації детермінована на сьогодні вже не стільки загальними міркуваннями щодо виключної важливості збереження довкілля в інтересах прийдешніх поколінь, скільки нагальною необхідністю нівелювання прямих економічних збитків світового бізнес-сектору від кліматичних аномалій, що виникли з вини людини.

2. Домінуючі мегатренди глобальної енергетичної трансформації за своєю природою відбивають як традиційні, так і якісно нові суперечності сучасного етапу світогосподарського розвитку. Їх масштаби, механізми і глибина впливу на світовий енергетичний сектор вже сьогодні мають безпрецедентний характер з погляду як зміни структури світового енергоспоживання та регуляторних норм глобального енергетичного ринку, так і конкурентної диспозиції ключових

ринкових акторів, контрактної структури енергоринку, а також видів і методів ціноутворення на енергоресурси. В останні два століття мегатренди глобальної енергетичної трансформації були детерміновані переважно структурно-технологічними зрушеннями у міжнародній економічній системі, тісно пов'язаними з оновленням основного капіталу. Специфіка впливу науково-технічного прогресу на процеси енергетичної трансформації виявляється у тому, що він охоплює усі структурні ланцюги надскладної мережі технологічних процесів в енергетиці – від добування з природного середовища первинних енергоресурсів до їх перетворення у проміжні типи енергоносіїв з їх наступним переходом у різноманітні види кінцевої енергії.

3. Динамічна розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі базується на трьох ключових драйверах: декарбонізації, децентралізації і діджиталізації. У сучасній енергетичній трансформації вони значною мірою доповнюють й мультиплікують дію один одного, а їх синергетичний вплив виявляється у докорінному перерозподілі конкурентної диспозиції на глобальному енергетичному ринку його основних акторів, появі на ньому нових гравців, новій регіональній структуризації ринку та фундаментальній зміні правил функціонування його традиційних учасників. В останнє десятиліття завдяки спільному використанню відновлювальних джерел енергії та її накопичувачів активно розробляються нові види екологічно чистих енергетичних ресурсів; відбувається масштабне об'єднання інфраструктури великих вітрових і сонячних парків з невеликими за розміром енергоустановками, а також систем зберігання енергії й електромобільних інфраструктурних об'єктів.

4. Діджиталізація економічної діяльності, яка в останнє десятиліття охопила усі структурні підсистеми світового господарства, дедалі більшою мірою «втягує» у свою «орбіту» і глобальний енергетичний сектор. За таких умов його ландшафт та сформована архітектура суб'єктної взаємодії зазнають фундаментального впливу діджитал-технологій з переведенням у цифрове середовище усіх фізичних і бізнес-процесів, наскрізною цифровою інтеграцією усіх операційних процесів за усіма ланками сформованих в енергетиці технологічних ланцюгів, розбудовою

«розумних» енергомереж, цифровим прогнозуванням і моделюванням операційних процесів в енергетиці, нарощуванням пропускної спроможності електромереж, автоматизацією контролю споживання електроенергії в рамках мережевої енергетичної інфраструктури, діджитал-модернізацією технологічного обладнання, запровадженням гнучких систем управління енергетичною інфраструктурою. Це забезпечує не тільки максимально повне задоволення потреб споживачів в енергопродуктах, але й значне поліпшення структури експлуатаційних витрат енергетичних компаній, підвищення ефективності й безпеки функціонування енергоінфраструктури, суттєве зниження вартості генерації електроенергії, поліпшення якості енергетичних сервісів та – найголовніше – системне «озеленення» енергосектору та послаблення його негативного екологічного впливу на довкілля. Динамічне масштабування системних цифрових рішень у глобальному енергетичному секторі лежить в основі значної диверсифікації джерел його розвитку та відкриття підприємницькому і бізнесовому секторам широких можливостей генерування прибутків.

5. Останні десятиліття характеризуються розгортанням цілої низки глобальних трендів розвитку зеленого сегменту світового енергетичного комплексу, котрі підтверджують його поліструктурний характер, системну інституціоналізацію й екологізацію, а також фундаментальний вплив на процеси енергетичної трансформації світогосподарського розвитку. Це – стрімке нарощування кумулятивної потужності електростанцій, що працюють на зелених енергоджерелах; динамізація процесів корпоратизації зеленого енергосектору та його перетворення на привабливий об'єкт нагромадження глобального капіталу; неухильне нарощування капіталізації глобального ринку відновлювальної енергетики та стрімке збільшення інвестиційних капіталовкладень у даний сегмент; домінування у джерелах фінансування зеленої енергетики механізмів інвестування активів способом балансового інвестування комунальних підприємств та енергокомпаній без права регресу через компанії спеціального призначення; масштабна урбанізація зеленої енергетики; активне залучення до процесів її інвестування компаній неенергетичного сектору; нарощування

капіталізації кліматичних технологічних компаній та диверсифікація здійснюваної ними науково-технічної й інноваційної діяльності; ребрендинг нафтогазових БНП та переорієнтація їх спеціалізаційного профілю у бік набуття статусу глобальних операторів індустрії зеленої енергетики та ін.

6. Досягнення стратегічних цілей Паризької кліматичної угоди та Порядку денного у сфері сталого розвитку до 2030 р. лежить у площині імплементації на національному, регіональному і наднаціональному рівнях якісно нових підходів щодо планування й експлуатації енергетичних систем, інтенсифікації використання енергії і нарощування частки зеленої енергетики, організації й інституціоналізації світового енергетичного ринку, його регулювання і системного «озеленення». Лише за таких умов стане можливим формування у світових координатах усталених передумов як для зниження ризиків кліматичних змін, так і стимулювання економічної діяльності, ліквідації голоду й усіх форм людської бідності, сприяння матеріальному благополуччю в усьому світі, забезпечення здорового способу життя, повноцінної і гідної трудової зайнятості.

7. Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК), посідаючи центральне місце у національних і світовій економічних системах та відіграючи провідну роль у глобальному суспільному прогресі, завжди перебував і перебуває нині під особливим контролем державних владних органів та інституцій наднаціонального управління. Його регулювання має на сьогодні доволі жорсткий, системний і всеохоплюючий характер та «пронизує» усі сформовані у ПЕК вартісні ланцюги, незалежно від форм власності енергетичних компаній. Саме від стану паливно-енергетичних комплексів держав напряду залежить рівень їх національної безпеки, який вирішальним чином визначає провідні векторні мегатренди економічного, політичного, соціального, науково-технологічного та фінансового розвитку країн у глобальних координатах.

8. В параметрах розбудови у світових координатах зеленої екосистеми глобальна енергетична безпека передбачає виробництво палива й електроенергії у тій кількості, такої якості, таких технічних і безпекових параметрів та за такою ціною, які вимагаються поточними умовами функціонування міжнародної

економічної системи та здатні забезпечити постачання енергетичних товарів у країни, котрі мають у них потребу для нормального функціонування національних економік, гідних умов життя населення і належного захисту національних кордонів. Подібного роду забезпеченість передбачає одночасне вирішення світовою спільнотою завдань своєрідного «безпекового енергетичного ромба», а саме: безпеки постачань енергоносіїв, безпеки їх транзиту, екологічної безпеки та безпеки світового попиту і пропонування. Необхідною умовою досягнення такого стану є, з одного боку, оптимізація державами структурних параметрів національних енергетичних балансів, а з другого – раціональне й ефективне споживання ними енергоресурсів, здатне забезпечити необхідні умови функціонування їх народногосподарських комплексів та гідного життя населення.

9. Глобальний характер проблем енергетичної безпеки диктує нагальну необхідність розбудови загальносвітової системи управління енергоресурсним балансом в інтересах усього людства та з урахуванням усіх базових критеріїв щодо якості енергетичних товарів, їх ціни, доступності й екологічної безпеки. Оскільки усі ключові підсистеми глобальної енергетичної безпеки (економічний, воєнно-політичний, фінансовий, екологічний та технологічний) є тісно взаємопов'язаними, то завжди існують потенційні загрози «спалахів» військових конфліктів та підвищення міжнародної напруги на ґрунті надмірної поляризації і фрагментації світового паливно-енергетичного комплексу. Забезпечення глобальної енергетичної безпеки має ґрунтуватись на принципах науковості, справедливості, раціонального енергоспоживання, конвергенції національних інтересів держав-власниць енергетичних ресурсів та країн-енергоспоживачів, міжнародно-правової відповідальності держав за невиконання взятих на себе зобов'язань у сфері світового енергозабезпечення, системності у забезпеченні глобальної енергетичної безпеки, транспарентності й інклюзивності механізмів та інструментів забезпечення глобальної енергетичної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. 1,2 млрд євро інвестовано у «зелені» проєкти в Україні у 2020 році. Держенергоефективності, 25.01.2021 р. URL: <https://saee.gov.ua/uk/news/3652> (дата звернення 13.02.2022 р.).
2. A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas. International Energy Agency, 3 March 2022.
3. Air Quality. Environmental Factors. World Economics. URL: <https://www.worldeconomics.com/Indicator-Data/ESG/Environment/Air-Quality/> (дата звернення 20.03.2023 р.).
4. Akorede M. F., Hizam H., Pouresmaeil E. Distributed energy resources and benefits to the environment. *Renewable Sustainable Energy Review*. 2010. Vol. 14 (2). P. 724-734.
5. Amicucci L. The Rise of Next-gen Smart Meters. Nordic Semiconductor. May 6, 2020. URL: <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/the-rise-of-next-gen-smart-meters> (дата звернення 25.08.2022 р.).
6. Assets of global sovereign wealth funds from December 2010 to June 2018 (in trillion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/276618/volume-of-managed-assets-in-sovereign-wealth-funds-worldwide/> (дата звернення 20.03.2021 р.).
7. Auer S. Whose Europe Is It Anyway? Habermas's New Europe and its Critics. *Telos*. 2010. P. 181-191.
8. Average annual OPEC crude oil price from 1960 to 2021 (in U.S. dollars per barrel). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/262858/change-in-opec-crude-oil-prices-since-1960/> (дата звернення 17.01.2023 р.).
9. Barnewold L., Lottermoser B. G. Identification of Digital Technologies and Digitalisation Trends in the Mining Industry. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2020. Vol. 30. P. 747-757.

10. Bashmakov I., Myshak A. Costs and Benefits of the Transition to Low-carbon Economyin Russia: Perspectives up to 2050. URL: https://www.researchgate.net/publication/332095662_Costs_and_Benefits_of_the_Transition_to_Low-carbon_Economyin_Russia_Perspectives_up_to_2050 (дата звернення 15.02.2022 р.).
11. Belov D., Kotova A., Kuznetsov E., Milke K., Mujumdar A., Shadrin A. Global Green Transformation: How Will the World Change? January 2021.
12. Berdnikov D. V. Digitalization of the electric power industry as a way to increase the efficiency of large grid companies. Economics: Yesterday, Today and Tomorrow. 2020. Vol. 10. P. 394-402.
13. Bertrand S. How the Inflation Reduction Act and Bipartisan Infrastructure Law Work Together to Advance Climate Action? Environmental and Energy Study Institute, September 12, 2022. URL: <https://www.eesi.org/articles/view/how-the-inflation-reduction-act-and-bipartisan-infrastructure-law-work-together-to-advance-climate-action> (дата звернення 14.05.2023 р.).
14. Biber E., Kelseytt N., Meckling J. The Political Economy of Decarbonization. A Research Agenda. Brooklyn Law Review. 2017. Vol. 82:2. P. 606-643.
15. Biermann F., Gupta A. Accountability and legitimacy in earth system governance: a research framework. Ecol. Econ. 2011. Vol. 70 (11). P. 1856-1864.
16. Blumstein C., Krieg B., Schipper L., York C. Overcoming social and institutional barriers to energy conservation. Energy. 1980. Vol. 5. Issue 4. P. 355-371.
17. BP Statistical Review of World Energy. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statisticalreview-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-full-report.pdf> (дата звернення 12.09.2022 р.).
18. Bridle R., Sharma S., Mostafa M., Geddes A. Fossil Fuel to Clean Energy Subsidy Swaps: How to pay for an energy revolution. International Institute for Sustainable Development. 2019.
19. Brisbois M. C. Decentralised energy, decentralised accountability? Lessons on how to govern decentralised electricity transitions from multi-level natural resource governance. Global Transitions. 2020. Vol. 2. P. 16-25.

20. Brown T. W., Bischof-Niemz T., Blok K., Breyer C., Lund H., Mathiesen B. V. Response to 'Burden of proof: a comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Volume 92. P. 834-847.

21. Building Tomorrow`s Europe. The Role of an «EU Energy Union». EconBiz. URL: <https://www.econbiz.de/Record/building-tomorrow-s-europe-the-role-of-an-eu-energy-union-tagliapietra-simone/10011079157> (дата звернення 15.02.2023 р.).

22. Cassiolato J., Zucoloto G., Dinesh A., Liu X. (eds.). *Transnational Corporations and Local Innovation*, Routledge India. 2014.

23. Chernyaev D. S., Namiot D. E. The role of digital technologies in exploration, production and transportation of oil and gas products. *International Journal of Open Information Technologies*. 2019. Vol. 7. No. 11. P. 79-85.

24. Cherp A., Jewell J., Vinichenko V., Bauer N., Cian E. Global energy security under different climate policies. GDP growth rates and fossil resource availabilities. *Climatic Change*. 2016. Vol. 136. Iss. 1. P 83-94.

25. CIA World Factbook. URL: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/> (дата звернення 15.06.2023 р.).

26. Clean Energy Finance: Green Banking Strategies for Local Governments. EPA-430-F-18-004. October 2018. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/usepa_greenbankingstrategies_october_2018.pdf (дата звернення 20.03.2022 р.).

27. Clean Energy Finance Corporation. URL: дата звернення 28.06.2022 р.).

28. CO₂ emissions (kg per PPP \$ of GDP). The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD> (дата звернення 03.03.2023 р.).

29. CO₂ emissions intensity (tonnes per 1000 dollar GDP). Knoema. URL: <https://knoema.com/atlas/ranks/CO2-emissions-intensity> (дата звернення 12.03.2023р.).

30. Communication from the Commission to the European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic and Social Committee and the

Committee of the Regions of Ukraine Relief and Reconstruction. COM/2022/233 final. Document 52022DC0233. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0233> (дата звернення 15.04.2023 р.).

31. Cooremans C. Investment in energy efficiency: Do the characteristics of investments matter? *Energy Efficiency*. 2012. Vol. 5 (4). P. 497-518.

32. Della R. M., Rand D. A. J. Energy storage – a key technology for global energy sustainability. *Journal of Power Sources*. 2001. No. 100. P. 2-17.

33. Di Silvestre M. L., Favuzza S., Sanseverino E. R., Zizzo G. How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Volume 93. P. 483-498.

34. Distribution of cumulative Renewables Portfolio Standards capacity additions in the U.S. between 2000 and 2015, by technology. Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/538039/cumulative-renewables-portfolio-standards-capacity-additions-by-source-us/> (дата звернення 18.05.2022р.).

35. Dombrovska T., Galenko P. The influence of IT technologies on the development of the world economy. *Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices: Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference (September 30 – October 1, 2022) / Gen. Edit. Ihor Halytsia, Agnieszka Knap-Stefaniuk, Tallinn: Teadmus OÜ, 2022. P. 21-22*

36. Dombrovska T., Oten S., Kalmanbetova G., Bielialov T., Konokhov S., Visyn O. Economic Aspects of Ensuring Labor Safety in the Global Labor Market. *Economic Affairs*. 2023. Vol. 68. No. 01s. P. 309-317. URL: <https://ndpublisher.in/admin/issues/EAv68n1sz7.pdf> (дата звернення 12.01.2024р.).

37. Dombrovska T., Sadchenko O., Obykhod H., Yaroshenko I., Levkovska L., Deineha O. Management of the Economy in the Field of Environmental Management and Energy Security as Components of Sustainable Development. *Journal of Sustainability Research*. 2022. Vol. 4 (2). URL: https://sustainability.hapres.com/Upload/PdfFile/JSR_1481.pdf (дата звернення 14.04.2023 р.).

38. Eastern Partnership. The Diplomatic Service of the European Union. URL: https://www.eeas.europa.eu/eeas/eastern-partnership_en (дата звернення 19.09.2023 р.).

39. Energy and Air Pollution. World Energy Outlook. Special addition – International Energy Agency, 2016. URL: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlookSpecialReport2016EnergyandAirPollution.pdf> (дата звернення 20.09.2021 р.).

40. Energy and Emission per Value Added Database. Sectoral value-added data and energy efficiency indicators for all OECD and 100 non-OECD countries. March 2023. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-and-emissions-per-value-added-database> (дата звернення 22.05.2023 р.).

41. Energy Origins and Consequences of the Global Crisis of the 2010s / Bushuev V. V., Gromov A. I., Kurichev N. K., Nikolaev M. A., Solov'ev D. A., Timatkov V. V., Chernikov A. A. ITs «Energiya». 2012. 88 p.

42. Energy Policy Tracker. Track public money for energy in recovery packages, 18 November 2020.

43. Energy Revolution Scenario. A sustainable world energy outlook 2015. 5-th edition Report. September 2015.

44. Energy taxation, carbon pricing and energy subsidies. Review 01. European Court of Auditors. 2022.

45. Energy Transition Investment Trends 2022. Tracking global investment in the low-carbon energy transition. Bloomberg NEF, January 2022. URL: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Energy-Transition-Investment-Trends-Exec-Summary-2022.pdf> (дата звернення 23.10.2023 р.).

46. Energy-as-a-Service The lights are on. Is anyone home? Deloitte, 2019. URL: <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/energy-and-resources/articles/energy-as-a-service.html> (дата звернення 16.06.2023 р.).

47. Environmental Impact Factors. World Economics. URL: <https://www.worldeconomics.com/Indicator-Data/ESG/Environment.aspx> (дата звернення 26.01.2023 р.).

48. European Energy Institute. URL: <https://www.eeoinstitute.org/> (дата звернення 30.03.2022 р.).

49. Existing renewable energy capacity worldwide including and excluding hydropower from 2008 to 2019 (in gigawatts). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/275419/hydropower-and-renewable-energy-worldwide/> (дата звернення 19.08.2023 р.).

50. Fay M., Hallegatte S., Vogt-Schilb A., Rozenberg J., Narloch U., Kerr T. Decarbonizing development: three steps to a zero-carbon future. Climate Change and Development 2015.

51. Final report. Study on energy subsidies and other government interventions in the European Union. Written by Enerdata, July 2021.

52. Finance & Development, December 2022. International Monetary Fund. Communications Department. 2022.

53. Financing Sustainable Development: the Role of Sovereign Wealth Funds for Green Investment. Geneva, UNEP, 2017.

54. Fischer C., Newell R. Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation. Journal of Environmental Economics and Management. 2008. Vol. 55. Issue 2. P. 142-162.

55. Fleming J. Ostdiek B. The impact of energy derivatives on the crude oil market. The James A. Baker III Institute for Public Policy of Rice University. URL: <https://www.bakerinstitute.org/media/files/Research/887f588e/the-impact-of-energy-derivatives-on-the-crude-oil-market.pdf> (дата звернення 25.04.2023 р.).

56. Ford H. My Life and Work, Doubleday, Page & Co, 1922; Arno Press, 1973.

57. Fossil Fuel Subsidies. Why do we care about fossil fuel subsidies? IMF. URL: <https://www.imf.org/en/Topics/climate-change/energy-subsidies> (дата звернення 29.01.2023 р.).

58. Founding Story. Learn how the Hydrogen Council came to be. A First-of-Its-Kind Initiative. URL: <https://hydrogencouncil.com/en/founding-story/> (дата звернення 19.01.2023 р.).

59. Fox-Penner P. Why Apple Is Getting into the Energy Business? Harvard Business Review, November 25, 2016. URL: <https://hbr.org/2016/11/why-apple-is-getting-into-the-energy-business> (дата звернення 27.01.2021 р.).

60. Frequently Asked Questions on Energy Security. 16 November 2022. URL: <https://www.iea.org/articles/frequently-asked-questions-on-energy-security> (дата звернення 30.04.2023 р.).

61. From Survival to Revival: Digital Transformation for Oil and Gas. Infosys, 2019. URL: <https://www.infosys.com/industries/oil-and-gas/documents/from-survival-revival-digital-transformation-oil-gas.pdf> (дата звернення 09.09.2022 р.).

62. G20 Green Finance Synthesis Report 2016. URL: <http://www.g20.utoronto.ca/2016/green-finance-synthesis.pdf> (дата звернення 10.07.2021 р.).

63. Gaidutskiy I., Voitko S., Skorobogatova N. Industry 4.0 and Next Normality in ensuring sustainable development. III International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech). 2020. P. 70-71. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9363981> (дата звернення 22.04.2022р.).

64. Gerarden T. D., Newell R. G., Stavins R. N. Assessing the Energy Efficiency Gap. Discussion Papers 15-07. 2015.

65. Giglio E., Lanzini A., Santarelli M., Leone P. Synthetic natural gas via integrated high-temperature electrolysis and methanation: Part I – Energy performance. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352152X15000067> (дата звернення 28.04.2023 р.).

66. Gillingham K., Palmer K. Bridging the Energy Efficiency Gap. Insights for Policy from Economic Theory and Empirical Analysis. Discussion Papers 13-02. 2013.

67. Global direct primary energy consumption. OUR World in Data. URL: <https://ourworldindata.org/grapher/global-primary-energy> (дата звернення 12.09.2023 р.).

68. Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050. Executive Summary. International Renewable Energy Agency. 2018.

69. Global energy transformation: the REmap transition pathway (background report to 2019 edition). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019.

70. Global EV Outlook 2020 – Analysis. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (дата звернення 15.07.2023р.).

71. Global fossil fuel consumption. URL: <https://ourworldindata.org/fossil-fuels> (дата звернення 12.05.2023 р.).

72. Global Guide to Responsible Investment Regulation. London, PRI Association, 2016.

73. Global natural gas consumption doubled from 1980 to 2010. U.S. Energy Information Administration. Independent Statistics & Analysis, April 12, 2012. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=5810> (дата звернення 12.09.2022 р.).

74. Global Overview. REN 21. URL: https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_01/chapter_01/ (дата звернення 20.09.2023 р.).

75. Global power purchase agreements volumes by sector, 2010-2020. IEA, 26 Oct. 2022. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-power-purchase-agreements-volumes-by-sector-2010-2020> (дата звернення 11.05.2023 р.).

76. Global reported corporate energy R&D spending in selected sectors, 2010-2019. R&D and technology innovation. World Energy Investment 2020. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2020/rd-and-technology-innovation> (дата звернення 12.03.2023 р.).

77. Global Trends in Renewable Energy Investment 2020. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2020. Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2020.

78. Global Warming of 1.5 °C: an IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Summary for Policymakers. – Formally Approved at the First Joint Session of Working

Groups I, II and III of the IPCC and Accepted by the 48th Session of the IPCC. Incheon, Republic of Korea, 6 October 2018.

79. Goldthau A. Rethinking the governance of energy infrastructure: Scale, decentralization and polycentrism. *Energy Research & Social Science*. 2014. Vol. 1. P. 134-140.

80. Granade H., Creyts G., Derkach J., Farese A., Nyquist P., Ostrowski K. *Unlocking Energy Efficiency in the U.S. Economy*. McKinsey Global Energy and Materials. 2009.

81. Heilmann C., Friedl G. Factors Influencing the Economic Success of Grid-to-Vehicle and Vehicle-to-Grid Applications. A Review and Meta-Analysis. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021. Vol. 145. P. 111-115.

82. Herzog A., Lipman T., Kammen D. *Renewable energy sources*. Berkeley University. 2001. URL: http://rael.berkeley.edu/old_drupal/sites/default/files/old-site-files/2001/Herzog-Lipman-Kammen-RenewableEnergy-2001.pdf (дата звернення 06.03.2021 р.).

83. Historical Crude Oil prices, 1861 to Present. *Chartsbin*. URL: <http://chartsbin.com/view/oau> (дата звернення 02.03.2021 р.).

84. Hotelling H. The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*. 1931. Vol. 39 (2). P. 137-175.

85. *Information Economy Report 2017: Digitalization, Trade and Development*. UNCTAD, 23 October 2017. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/ier2017_en.pdf (дата звернення 13.02.2021 р.).

86. International Energy Agency. *Global Energy Review 2020: the Impacts of the Covid-19 Crisis on Global Energy Demand and CO₂ Emissions*. April 2020. URL: <https://webstore.iea.org/download/direct/2995> (дата звернення 12.03.2023р.).

87. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org> (дата звернення 20.05.2021 р.).

88. Investments in hydrogen worldwide in 2020, by type (in million U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL:

<https://www.statista.com/statistics/1208644/hydrogen-global-investments-by-type/>
(дата звернення 15.08.2023 р.).

89. Iron mains risk reduction. Health and Safety Executive. URL: <https://www.hse.gov.uk/gas/supply/mainsreplacement/index.htm> (дата звернення 08.04.2023 р.).

90. Jacobs T. BP and Startup Beyond Limits Try to Prove That Cognitive AI Is Ready for Oil and Gas. *Journal of Petroleum Technology*. 2018. No. 70. Issue 10. P. 26-29.

91. Jaffea A. B., Stavins R. N. The energy-efficiency gap. What does it mean? *Energy Policy*. 1994. Volume 22. Issue 10. P. 804-810.

92. James L. Williams. *Oil Price History and Analysis*. WTRG Economics London. URL: <http://www.wtrg.com/prices.htm> (дата звернення 12.06.2023 р.).

93. Johansson M. T. Improved energy efficiency within the Swedish steel industry – The importance of energy management and networking. *Energy Efficiency*. 2015. Vol. 8 (4). P. 713-744.

94. Johnstone N., Haščič I., Popp D. Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*. 2010. Volume 45. Issue 1. P. 133-155.

95. Keirstead J. Behavioural responses to photovoltaic systems in the UK domestic sector. *Energy Policy*. 2007. Vol. 35 (8). P. 4128-4141.

96. Khitrykh D. The Digital Transformation of the Energy Industry. *Energy Policy*. 2021. Vol. 10 (164). P. 76-89.

97. Kroposki B., Johnson B., Zhang Y., Gevorgian V., Denholm P., Hodge B-M., Hannegan B. Achieving a 100% renewable grid. *IEEE Power and Energy Magazine*. 2017. Vol. 15. Issue 2. P. 61-73. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7866938> (дата звернення 25.03.2021 р.).

98. Krymm R. The World Energy Context. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/publications/magazines/bulletin/bull15-5/15504000409.pdf> (дата звернення 10.01.2023 р.).

99. Lammers I., Diestelmeier L., Experimenting with law and governance for decentralized electricity systems: adjusting regulation to reality? Sustainability. 2017. Vol. 9 (2). URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/2/212/htm> (дата звернення 15.03.2021 р.).
100. Largest renewable energy companies by market cap. URL: <https://companiesmarketcap.com/renewable-energy/largest-companies-by-market-cap/> (дата звернення 20.08.2023 р.).
101. Largest sovereign wealth funds worldwide as of February 2021, by assets under management (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/276617/sovereign-wealth-funds-worldwide-based-on-assets-under-management/> (дата звернення 12.09.2023 р.).
102. Lawless M. Global Digital Trade: observing the use of data by firms. USITC, 2017.
103. Leading energy futures and options contracts traded globally in 2018, by volume (in millions). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/380446/leading-energy-futures-options-by-volume/> (дата звернення 23.05.2022 р.).
104. Leontief W. Environmental Repercussions and the Economic Structure, An Input-output Approach. Review of Economics and Statistics. 1970. Vol. 52. P. 262-271.
105. Leontief W. Structure of the World Economy, The American Economic Review, December 1974. P. 823-834.
106. Leontief W., Carter A., Petri P. The Future of The World Economy, New York. 1977.
107. Leontiev V., Ford D. Intersectoral Analysis of the Effect of Economic Structure on Environment. Ekonomika I Matematicheskiye Metody. 1972. Vol. 3. P. 370-399.
108. Lockwood M., Davidson J., Curtis A., Stratford E., Griffith R. Governance Principles for Natural Resource Management. Society & Natural Resources. 2010. Vol. 23. Issue 10. P. 986-1001.

109. Lockwood M., Davidson J., Curtis A., Stratford E., Griffith R. Multi-level environmental governance: lessons from Australian natural resource management. *Aust. Geogr.* 2009. Vol. 40 (2). P. 169-186.

110. Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific: Fact Sheet – Decentralized energy system. URL: <https://www.unescap.org/sites/default/files/14.%20FS-Decentralized-energy-system.pdf> (дата звернення 17.02.2023 р.).

111. Macrotrends – The Premier Research Platform for Long Term Investors. URL: <https://www.macrotrends.net> (дата звернення 25.09.2023 р.).

112. Marx K. Capital Volume 3, Chapter 46: Rent of Buildings. Rent of Mines. Price of Land. URL: https://readingmarx.files.wordpress.com/2021/09/capital_v3_ch46.pdf (дата звернення 13.08.2022 р.).

113. Meadows D. H. *The Global Citizen*. Washington (DC): Island Press, 1991.

114. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J. *Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Toronto: McClelland & Stewart, 1992.

115. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens III W.W. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. NY.: Universe Books, 1972.

116. Meadows D. H., Randers J., Meadows D. L. *Limits to Growth: The 30-year Update*. White River Jct. (VT): Chelsea Green Publ. Co., 2004.

117. Mesarovic M. Pestel E. *Mankind at the Turning Point*. N. Y., 1974.

118. Montbrial de Th. *L'énergie: le compte a rebours*. Paris, 1978.

119. Navigant Research, Bloomberg New Energy Finance. URL: <https://about.bnef.com/> (дата звернення 03.06.2023 р.).

120. New Energy Outlook 2017. Blumberg New Energy Finance. URL: https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/14/2017/06/NEO-2017_CSIS_2017-06-20.pdf (дата звернення 19.03.2021 р.).

121. New Energy Outlook 2020. Blumberg New Energy Finance. URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/#toc-download> (дата звернення 08.05.2021 р.).

122. New Energy Outlook 2021 Key Messages. URL: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/> (дата звернення 29.06.2022 р.).

123. Norrestad F. Leading global sovereign wealth funds 2021, by managed assets, February 2021. URL: <https://www.statista.com/statistics/276617/sovereign-wealth-funds-worldwide-based-on-assets-under-management/> (дата звернення 16.09.2022 р.).

124. OPEC Annual Statistical Bulletin 2020. URL: https://asb.opec.org/data/ASB_Data.php (дата звернення 30.01.2022 р.).

125. Panwar N. L., Kaushik S. C., Kothari S. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Volume 15. Issue 3. P. 1513-1524.

126. Papadis E., Tsatsaronis G. Challenges in the decarbonization of the energy sector. Energy 2020. Vol. 205. URL: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0360544220311324?token=47FF87B29616CA775294DB5081305FA33C19D12B89C6EE76D759AAF5BB0A617E45CA76AF3728F146AB4880B8281AB1D0&originRegion=eu-west-1&originCreation=20210620162614> (дата звернення 28.04.2023 р.).

127. Pernik R., Wilder C., Winnie T. Clean Energy Trends 2013. The Clean-Tech Market Authority. Clean Edge, 2013.

128. Perspectives for the energy transition. OECD/IEA and IRENA; 2017.

129. Polanyi K. The Great Transformation: the Political and Economic Origins of Our Time. Boston: Beacon Press, 1944. 357 с.

130. Porfir`ev B. N. «Green» trends in the global financial system. World Economy and International Relations. 2016. Vol. 60. P. 5-16.

131. Porfir`ev B., Shirov A., Kolpakov K. Low-Carbon Development Strategy. World Economy and International Relations. 2020. Vol. 64. No. 9. P. 15-25.

132. Power Forward. Why the World's Largest Companies Are Investing in Renewable Energy. Prepared by David Gardiner & Associates, LLC. 2012.

133. President Biden's FY 2023 Budget Reduces Energy Costs, Combats the Climate Crisis, and Advances Environmental Justice. The White House. URL: <https://www.whitehouse.gov/omb/briefing-room/2022/03/28/president-bidens-fy-2023-budget-reduces-energy-costs-combats-the-climate-crisis-and-advances-environmental-justice/> (дата звернення 09.01.2023 р.).

134. Price History of silicon PV cells in US \$ per watt. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Growth_of_photovoltaics#/media/File:Price_history_of_silicon_PV_cells_since_1977.svg (дата звернення 22.04.2023 р.).

135. Principles for Responsible Banking. URL: <https://www.unepfi.org/banking/bankingprinciples/> (дата звернення 24.09.2023р.).

136. Projected value of the global Internet of Things (IoT) in energy market from 2020 to 2025 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1178804/global-internet-of-things-in-energy-market-size-projection/> (дата звернення 15.08.2023 р.).

137. Q3 WilderHill. Quarterly Report: ECO, NEX, H2X, WNX Indexes, Sept. 30, 2022. URL: <https://cleanenergyindex.com/pdf/2022%20Q3%20ECO%20Quarterly%20Report.pdf> (дата звернення 09.07.2023 р.).

138. Ratner S.V., Dira D. V. Tax incentives for alternative energy in Europe. *Finansy i kredit*. 2012. No. 8. P. 21-27.

139. Ravi S. S., Aziz M. Utilization of Electric Vehicles for Vehicle-to-Grid Services: Progress and Perspectives. *Energies*. 2022. Vol. 15, 589. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/2/589> (дата звернення 05.05.2023 р.).

140. Reddy S., Painuly J. P. Diffusion of renewable energy technologies – barriers and stakeholders' perspectives. *Renewable Energy*. 2004. Vol. 29. Issue 9. P. 1431-1447.

141. Reiner D. M. Learning through a portfolio of carbon capture and storagedemonstration projects. *Nat Energy* 2016. Article number: 15011. URL: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2015.11> (дата звернення 17.06.2021 р.).

142. Relief, Recovery and Resilient Reconstruction: Supporting Ukraine`s Immediate and Medium-Term Economic Needs (English). Informal approach paper by World Bank Group Staff Presented as background to Ministerial Roundtable for Support

to Ukraine at IMF-World Bank Spring Meetings 2022. The World Bank. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099608405122216371/pdf/IDU08c704e400de7a048930b8330494a329ab3ca.pdf> (дата звернення 08.05.2023 р.).

143. Renewable Energy by Country. URL: <https://wisevoter.com/country-rankings/renewable-energy-by-country/> (дата звернення 29.12.2023 р.).

144. Renewable energy capacity statistics 2020. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020.

145. Renewable Energy Capacity Statistics 2021. IRENA, 2021.

146. Renewable Energy Capacity Statistics 2022. IRENA, 2022.

147. Renewable Energy Certificate Market Size to Expand USD 100.96 BN by 2030. Altenergymag. Online Trade Magazine. URL: <https://www.altenergymag.com/news/2022/09/20/renewable-energy-certificate-market-size-to-expand-usd-10096-bn-by-2030/38104> (дата звернення 18.03.2023р.).

148. Renewable energy consumption (% of total final energy consumption). The World Bank. URL: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS>

149. Renewable Energy Credits. EQUIS. URL: <https://www.equs.ca/services/micro-generation/renewable-energy-credits/> (дата звернення 18.11.2023 р.).

150. Renewable Power Generation Costs in 2020. IRENA. 2021. URL: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2020.pdf (дата звернення 29.08.2022 р.).

151. Renewables in Cities. 2021 Global Status Report. Ren 21, 2021.

152. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. – Oxford: Oxford University Press, 1987.

153. REPowerEU at a glance. European Commission. URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en (дата звернення 11.11.2023 р.).

154. Rethinking energy solutions. Transformations within reach: Pathways to a sustainable and resilient world. IIASA, 2021.

155. Rhodes R. Understanding governance: ten years on. *Organization Studies*. 2007. Vol. 28 (8). P. 1243-1264.

156. Ricardo D. On the Principles of Political Economy and Taxation. Batoche Books. Kitchener. 2001. URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/ricardo/Principles.pdf> (дата звернення 03.03.2021 р.).

157. Rifkin J. The Third Industrial revolution. London: Palgrave Macmillan, 2011.

158. Rio 1992 United Nations Conference on Environment and Development. URL: <http://www.un.org/geninfo/bp/enviro.html> (дата звернення 22.12.2022 р.).

159. Roth L., Lowitzsch J., Yildiz O., Hashani A. Does (Co-)ownership in renewables matter for an electricity consumer's demand flexibility? Empirical evidence from Germany. *Energy Resource Social Science*. 2018. Vol. 46. P. 169-182.

160. Ruderer D. Infrastructure Solutions: The power of purchase agreements. URL: <https://www.eib.org/en/essays/renewable-energy-power-purchase-agreements> (дата звернення 13.11.2023 р.).

161. Runyon J. Renewable Energy Finance Outlook 2016: The Year of the Green Dollar. URL: <https://www.renewableenergyworld.com/baseload/renewable-energy-finance-outlook-2016-the-year-of-the-green-dollar/#gref> (дата звернення 03.10.2021 р.).

162. Sankaran A. Decarbonization, digitization and decentralization are accelerating the countdown to a new energy world faster than expected. Press Release. EY, 4 July 2019. URL: https://www.ey.com/en_gl/news/2019/07/decarbonization-digitization-and-decentralization-are-accelerating-the-countdown-to-a-new-energy-world-faster-than-expected (дата звернення 14.06.2022 р.).

163. Schutzenhofer C. Overcoming the efficiency gap: energy management as a means for overcoming barriers to energy efficiency, empirical support in the case of Austrian large firms. *Energy Efficiency*. 2021. Volume 14. URL:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12053-021-09954-z> (дата звернення 03.12.2022 р.).

164. Schwab K. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016.

165. Shrinkage Overview. Joint DN Presentation / M. Marshall, J. Morrison, D. Simpson, S. Ali. 25-th October 2016. URL: <https://www.gasgovernance.co.uk/sites/default/files/ggf/Shrinkage%20Overview%20Presentation%20v2.0.pdf> (дата звернення 18.06.2023 р.).

166. Sidebar 1. Oil and Gas Suppliers and the Renewable Energy Transition. URL: https://www.ren21.net/gsr-2021/chapters/chapter_01/chapter_01/#sidebar_1 (дата звернення 13.02.2023 р.).

167. Signed corporate power purchase agreement (PPA) capacity worldwide from 2008 to 2019 (in gigawatts)*. Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/896831/global-ppas-capacity/> (дата звернення 19.09.2022 р.).

168. Singh M., Byrne J. Performance Evaluation of e-Business in Australia. The Electronic Journal of Information Systems Evaluation. 2006. Vol. 8. Issue 1. P. 71-80.

169. Size of the renewable energy market worldwide in 2017 and 2025 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1094309/renewable-energy-market-size-global/> (дата звернення 08.12.2023 р.).

170. Solangi K., Islamb M., Saidur R., Rahimb N., Fayaz H. A review on global solar energy policy. Renewable and Sustainable. Energy Reviews. 2011. No. 15. P. 2149-2163.

171. Sorrell S., Mallett A., Sheridan N. Barriers to industrial energy efficiency: A literature review. Renewable Energy. 2011. Vol. 35(3). P. 1891-1901.

172. Statistical Review of World Energy 2020. 69th edition. BP, 2020.

173. Stephen H. Schneider & Lawrence H. Goulder, Achieving Low-Cost Emissions Targets, 389 NATURE 13, 13 (1997).

174. Stiglitz J. The End of Neo-Liberalism? Economist`s view, 7 July 2008. URL: <https://economistsview.typepad.com/economistsview/2008/07/stiglitz-the-en.html> (дата звернення 11.09.2021 р.).

175. Telegina E. A. New Dimension of Global Energy Security. World economy and international relations. 2015. Vol 11. P. 5-16.

176. The Energy Stack The 3Ds of Energy: Decarbonization, Digitization and Decentralization. Outlier Ventures, 2019.

177. The Financial System We Need. The UNEP Inquiry Report 2015. URL: http://unepinquiry.org/wpcontent/uploads/2015/11/The_Financial_System_We_Need_Policy_Summary_EN.pdf (дата звернення 06.03.2021 р.).

178. The Global Goals for Sustainable Development. URL: <https://www.globalgoals.org/> (дата звернення 29.04.2022 р.).

179. The WFE's Derivatives Report 2019. WFE Research. 2020. URL: https://www.world-exchanges.org/storage/app/media/IOMA%202020/FH1.2019%20IOMA%20report_%20v13.pdf (дата звернення 26.09.2022 р.).

180. Top 30 On-site Generation. EPA Green Power Partnership. URL: https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-10/top30onsite_July2022.pdf (дата звернення 08.02.2024 р.).

181. Total energy consumption. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2022. URL: <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html> (дата звернення 11.08.2023 р.).

182. Total global research and development (R&D) spending on energy from 2017 to 2019 (in billion U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1102949/global-research-and-development-spending-energy/> (дата звернення 18.06.2022 р.).

183. Trade in Value Added. TIVA Database. OECD. URL: <https://www.oecd.org/sti/ind/measuring-trade-in-value-added.htm> (дата звернення 21.07.2022 р.).

184. Trianni A., Cagno E., Farné S. Barriers, drivers and decision-making process for industrial energy efficiency: A broad study among manufacturing small and medium-sized enterprises. *Applied Energy*. 2016. Vol. 162. P. 1537-1551.

185. Trillions in fossil fuel investments for 1.5°C scenarios. BloombergNEF, July 15, 2022. URL: <https://www.bloomberg.com/professional/blog/trillions-in-fossil-fuel-investments-for-1-5c-scenarios/> (дата звернення 23.12.2023 р.).

186. Twidell J., Weir T. *Renewable Energy Resources*. Routledge. 2015.

187. U.S. Oil and Gas Pipeline Mileage. Bureau of Transportation Statistics. URL: <https://www.bts.gov/content/us-oil-and-gas-pipeline-mileage> (дата звернення 10.12.2023 р.).

188. Upstream Digital Transformations Will Your Digital Portfolio of Initiatives be enough? Oliver Wyman. URL: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2019/aug/Upstream%20Digital%20Transformations-FINAL-v2.pdf> (дата звернення 13.05.2021 р.).

189. Upstream-сектор в нефтегазе становится эпицентром развития промышленного интернета. NANGS, 08.08.2019. URL: <https://nangs.org/news/it/upstream-sektor-v-neftegaze-stanovitsya-epitsentrom-razvitiya-promyshlennogo-interneta> (дата звернення 05.05.2021 р.).

190. Valeeva Y., Kalinina M., Sargu L., Kulachinskaya A., Ilyashenko S. Energy Sector Enterprises in Digitalization Program: Its Implication for Open Innovation. *Journal of Open Innovation. Technol. Mark. Complex*. 2022. Vol. 8. Issue 81. URL: <https://www.mdpi.com/2199-8531/8/2/81> <https://www.mdpi.com/2199-8531/8/2/81> (дата звернення 23.12.2023 р.).

191. Value of green bond issuance of the largest banks worldwide in 2020 (in million U.S. dollars). Statista. The Statistic Portal. URL: <https://www.statista.com/statistics/1291144/green-bond-issuance-value-of-largest-banks/> <https://www.statista.com/statistics/1291144/green-bond-issuance-value-of-largest-banks/> (дата звернення 13.12.2023 р.).

192. Vehicle to Grid (V2G) Market Overview. URL: <https://www.industryarc.com/Report/19376/vehicle-to-grid-market.html> (дата звернення 28.02.2024 р.).

193. Vehicle-to-Grid Technology Market (By Component: Smart Meters, Electric Vehicle Supply Equipment (EVSE), Software, and Home Energy Management (HEM); By Application: Battery Electric Vehicles (BEVs), Fuel Cell Vehicles (FCVs), and Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)) – Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2022 – 2027. URL: <https://www.precedenceresearch.com/vehicle-to-grid-technology-market> (дата звернення 02.02.2024 р.).

194. Veladic H. Tax regulation mechanisms II (Value-added tax reduction), 07.02.2019. URL: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/france/single/s/res-e/t/promotion/aid/tax-regulation-mechanisms-ii-value-added-tax-reduction/lastp/131/> (дата звернення 09.10.2021 р.).

195. Wind energy in Europe 2021. Statistics and the outlook for 2022-2026. Wind Europe. Published in February 2022.

196. Wind energy in Europe in 2019. Trends and statistics. Wind Europe. Published in February 2020.

197. World energy markets evolution and its consequences for Russia. Chief Editors A. A. Makarov, L. M. Grigoryev and T. A. Mitrova. 2015.

198. World Nature Conservation Strategy. URL: <http://cisdl.org/natural-resources/public/docs/wcs.pdf> (дата звернення 19.10.2023 р.).

199. Yanes-Barnuevo M. Clean Energy Tax Credits Get a Boost in New Climate Law, Environmental and Energy Study Institute, September 9, 2022. URL: <https://www.eesi.org/articles/view/clean-energy-tax-credits-get-a-boost-in-new-climate-law> (дата звернення 05.01.2024 р.).

200. Yergin D. The Prize: The Epic Quest for Oil, Money, and Power. Gebundene Ausgabe. 1991.

201. Білявський М. Трансформація – 2050: що потрібно енергетичній галузі від діджиталізації. Разумков Центр, 29 січня 2020 р. URL:

<https://razumkov.org.ua/statti/transformatsiia-2050-shcho-potribno-energetychnii-galuzi-vid-didzhytalizatsii> (дата звернення 25.10.2022 р.).

202. Бобро Д. Г. Міжнародний досвід розробки та впровадження інноваційних технологій отримання енергії у ядерній та суміжних сферах. Стратегічна панорама. 2019. №3-4. С. 31-37.

203. Вернадський В. Наукова думка як планетне явище. Хроніка 2000. – 2004. Вип. 57/58. С. 11-211.

204. Відбудова України: принципи та політика / за ред. Ю. Городніченка, І. Сологуб, Б. Ведер ді Мауро. Паризький Звіт. Centre for Economic Policy Research. 2022.

205. Гайдучький І. П. Войтко С. В. Енергетичні кризи: причини та реакції суспільних інституції Інвестиції: практика та досвід. 2023. № 6. С. 7–12. URL: <https://nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/1217/1226> (дата звернення 10.04.2024 р.).

206. Гайдучький І. П., Войтко С. В., Караєва Н. В. Динаміка розвитку відновлюваної енергетики на початку третього десятиліття ХХІ століття. Ефективна економіка». 2021. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8823> (дата звернення 10.04.2024 р.).

207. Галушкіна Т. П. Економіка природокористування: навч. посібник. Харків: Бурун Книга, 2009.

208. Горбатенко В. Римський клуб і організація трансдисциплінарних проєктів з довгострокового прогнозування глобальних проблем. Політичний менеджмент. 2012. №3. С. 52-64.

209. Декарбонізація української енергетики (економіки): вплив російської агресії, амбітні цілі та потенційні можливості для України в післявоєнний період / В. Омельченко, С. Чекунова, М. Білявський, Т. Хитрик, А. Конеченков, М. Міщенко, Д. Добровольський. Центр Разумкова, Представництво Фонду Ганнса Зайделя в Україні. К.: Видавництво «Заповіт», 2022.

210. Договір про заснування Енергетичного Співтовариства від 25 жовтня 2005 р. Верховна Рада України.

211. Домбровська Т. М. Генезис прикладних механізмів державного стимулювання енергетичних трансформацій. *Actual problems of science, education and technologies*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (м. Братислава, 25 липня 2023 р.). С. 50-52.

212. Домбровська Т. М. Глобальні енергетичні трансформації: економічний інструментарій. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2023. №3 (92). С. 7-13.

213. Домбровська Т. М. Енергетичні інновації у контексті системи сучасних виробничих технологій. *Глобалізаційні виклики: урядування майбутнього*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26-27 квітня 2023 р.). С. 107-108.

214. Домбровська Т. М. Енергетичні кризи – рушійна сила трансформації енергетичної і екологічної безпеки. *Шістдесят четверті економіко-правові дискусії*: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м.Львів, 27-28 квітня 2022 р.). Львів, 2022. С. 18-21.

215. Домбровська Т. М. Конвергенція глобальної енергетичної безпеки: принципи і стратегічні пріоритети. *Управління змінами та інновації*. 2023. №7. С. 96-102.

216. Домбровська Т. М. Масштабна урбанізація як тренд сучасної енергетичної трансформації. *Modern problems of science, education and society*: збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 14-16 серпня 2023 р.). С. 454-456.

217. Домбровська Т. М. Мегатренди енергетичних трансформацій у глобальній парадигмі сталого розвитку. *Colloquium-journal*. 2022. №18 (141). С. 69-71.

218. Домбровська Т. М. Методи і принципи забезпечення глобальної енергетичної безпеки: практичні аспекти. *Global Society in Formation of New Security System and World Order*: матеріали II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 27-28 липня 2023 р.). Дніпро. С. 149-150.

219. Домбровська Т. М. Механізм врегулювання наслідків російської агресії на енергетичну систему України. *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates*: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 3 серпня 2023 р. – 4 березня 2024 р.). С. 192-194.

220. Домбровська Т. М. Модель світового енергозабезпечення: парадигма сталого розвитку. *Актуальні питання економіки, обліку, фінансів і права: теорія і практика*: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 4 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 35-37.

221. Домбровська Т. М. Моделювання глобального енергоспоживання у контексті урахування пріоритетні ролі зеленої енергетики. *Бізнес навігатор*. 2023. Випуск 2 (72). С. 14-18.

222. Домбровська Т. М. Перспективи відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку. *Східна Європа*. 2023. №2 (39). С. 3-9.

223. Домбровська Т. М. Секторальні тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору. *Економіка та суспільство*. 2023. Випуск 50. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2382/2303> (дата звернення 05.10.2023 р.).

224. Домбровська Т. М. Стала енергетична модель глобальної економіки: концептуальний формат. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 55-60.

225. Домбровська Т. М. Теоретико-методологічні засади парадигми сталого розвитку: енергетичний компонент. *Причорноморські економічні студії*. 2021. Випуск 72. С. 18-21.

226. Домбровська Т. М. Функціонування глобального енергетичного сектору в форматі зростання цифрових рішень. *Шевченківська весна – 2023: публічне управління та державна служба*: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених (м. Київ, 29 березня 2023 р.). С. 249-250.

227. Дослідження стану та потреб бізнесу України. Вересень 2022 р. URL: https://business.diia.gov.ua/uploads/4/24851-stan_ta_potrebi_biznesu_v_ukraini_sektoral_nij_rozriz_veresen_2022.pdf (дата звернення 13.08.2023 р.).

228. Екологізація міжнародної торговельно-маркетингової діяльності: монографія [Т. Оболенська, В. Чужиков, Т. Циганкова та ін.]; за наук. ред. проф. Т. Оболенської. К.: КНЕУ, 2018.

229. Енергетична дипломатія України: аналіз статус-кво та практичні рекомендації. Київ: ГО «Діксі Груп», 2021 р.

230. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: www.zakon.rada.gov.ua/signal/kr06145a.doc (дата звернення 18.04.2023 р.).

231. Загальна сума прямих збитків, завдана інфраструктурі України через війну, зросла до майже \$138 млрд. Київська школа економіки. URL: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-cherez-viynu-zrosla-do-mayzhe-138-mlrd/> (дата звернення 13.01.2024 р.).

232. Загорський В. С., Борщук Є. М. Цивілізаційна парадигма сталого розвитку. Ефективність державного управління. 2020. Вип. 3 (64). Ч. 2. С. 197-211.

233. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення законодавства у сфері користування надрами» від 01.12.2022 р. №2805-IX URL: <http://www.golos.com.ua/documents/z-2805-ix.pdf> (дата звернення 27.01.2024 р.).

234. Зелене повоєнне відновлення України: візія та моделі. Аналітична записка. Серпень 2022 р. ГО «Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля», 2022.

235. Зелені інвестиції у сталому розвитку: світовий досвід та український контекст. Аналітична доповідь. Центр Разумкова. К.: Видавництво «Заповіт», 2019.

236. Інституційні засади інноваційної економіки: міжнародний досвід та вітчизняна практика: монографія / А. С. Аблов, О. С. Довгий, Л. П. Гальперіна та ін.; За заг. ред. В. Є. Новицького. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005.

237. Комітет надрокористування Асоціації зустрівся із фахівцями Держлісагентства. ЕБА, 03.03.2023 р. URL: <https://eba.com.ua/komitet-nadrokorystuvannya-asotsiatsiyi-zustrivsya-iz-fahivtsyamy-derzhlisagentstva/> (дата звернення 11.02.2024 р.).

238. Кузнєцова Г. О. Впровадження регіональних інноваційних систем в контексті результативності реалізації програм із підвищення енергоефективності та енергозбереження. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2019. Випуск 26. Частина 1. С. 137-143.

239. Маркевич К., Омельченко В. Глобальні енергетичні тренди крізь призму національних інтересів України. Аналітична доповідь. Київ: Заповіт, 2016.

240. Машненко К. Трансформація державної екологічної політики в Україні в контексті третьої та четвертої промислових революцій. Державне управління та місцеве самоврядування. 2017. Вип. 3 (34). С. 90-97.

241. Мотриченко В. М., Опалько В. В. Мегатренди глобального економічного розвитку. Фінансовий простір. 2014. №4 (16). С. 176-181.

242. Нікітін А., Милостива І. ДПП в енергетиці: чого чекаємо в законодавчій сфері. Юридична газета, 01 квітня 2019 р. URL: <https://yur-gazeta.com/publications/practice/energetichne-pravo/dpp-v-energetici-chogo-chekaemo-v-zakonodavchiy-sferi.html> (дата звернення 29.01.2023 р.).

243. Однорог М. А. Інституційні та економічні аспекти основних напрямів досліджень в області енергоефективності. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти. URL: <http://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/3340/1/Instytucijni%20ta%20Ekonomichni.pdf> (дата звернення 18.01.2024 р.).

244. Омельченко В. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Разумков Центр, 11 листопада 2022 р. URL: https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftn9 (дата звернення 30.09.2023 р.).

245. Підгурська О. І. Функціонування і розвиток стабілізаційного фонду України в умовах економічної нестабільності. Банківська справа. 2016. Випуск 2 (118). С. 110-114.

246. Підтримка виробництва «зеленої» електроенергії – досвід США. URL: https://www.gree.com.ua/news_item/351 (дата звернення 05.10.2023 р.).

247. Пікетті Т. Капітал у ХХІ столітті. Пер. з англійської Наталії Палій. К.: Наш Формат, 2016.

248. РГК: Збитки Операторів ГРМ від російської агресії оцінюються в 9,9 млрд грн. РГК, 27.05.2022 р. URL: <https://rgc.ua/ua/news/rgk-prodakshn/id/rgk-zbitki-operatoriv-grm-vid-rosijskoji-agresiji--42359> (дата звернення 15.10.2023р.).

249. Ресурсономіка: теоретичні та практичні аспекти: монографія / Б. М. Андрушків, Ю. Я. Вовк, І. П. Вовк, В. А. Паляниця, О. Б. Погайдак, І. І. Стойко. Тернопіль, 2012.

250. Скільки буде коштувати повоєнне відновлення України: перші оцінки. Слово і діло, 28 жовтня 2022 р. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2022/10/28/infografika/ekonomika/skilky-bude-koshtuvaty-povoyenne-vidnovlennya-ukrayiny-persh-ocinky> (дата звернення 05.11.2023 р.).

251. Столярчук Я. М. Ільницький Д. О. Зелений механізм детінізації глобальної економіки. Ефективна економіка. 2023. №3. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/1260/1269> (дата звернення 12.04.2024 р.).

252. Столярчук Я. М., Ільницький Д. О., Рудьковский С. М. Зелене інвестування як механізм глобального сталого розвитку. Вісник Хмельницького національного університету: Економічні науки. 2023. №2. С. 241-246. URL: <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2023/05/2023-316-39.pdf> (дата звернення 12.04.2024 р.).

253. Столярчук Я., Ільницький Д. «Озеленення» енергетики та нова якість глобалізації. Міжнародна економічна політика. 2023. Випуск 38. С. 7-39. URL: http://iepjournals.com/journals/38/2023_38_1_Stolyarchuk_Illytsky.pdf (дата звернення 12.04.2024 р.).

254. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011/print (дата звернення 22.11.2023р.).

255. Форум в Давосе: энергетическая трансформация поможет выйти из экономического кризиса. Зеркало недели, 27 января 2021 г. URL: www.zn.ua (дата звернення 09.12.2022 р.).

256. Фурман А. В. Парадигма як предмет методологічної рефлексії. Психологія і суспільство. 2013. № 3. С. 72-85.

257. Хаустова В. Є., Омаров Ш. А. Концепція сталого розвитку як парадигма розвитку суспільства. Економічна теорія. Проблеми економіки. 2018. №1 (35). С. 265-273.

258. Чала В. С. Зелена міжнародна конкурентоспроможність: економетрична оцінка країнових переваг. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія «Економічні науки». 2022. Випуск 2 (106). С. 69-78. URL: <http://www.puet.poltava.ua/index.php/economics/article/view/148/140> (дата звернення 12.04.2024 р.).

259. Чала В. С. Інституціональна структура зеленого фінансування в розбудові глобальної зеленої економіки. Економіка та суспільство. Електронний журнал. 2021. №34. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/1025/983> (дата звернення 12.04.2024 р.).

260. Чала В. С. Основні податкові механізми «озеленення» глобальної економіки. Підприємництво та інновації. 2023. №27. С. 7-15. URL: <http://ei-journal.in.ua/index.php/journal/article/view/572> (дата звернення 12.04.2024 р.).

261. Через війну в Україні не працюють 90% потужностей вітрової енергетики. Еко район, 15 вересня 2022 р. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/541688-cherez-viynu-v-ukraini-ne-pratsyuyut-90-potuzhnostey-vitrovoi-energetiki>

262. Шмигаль оцінив масштаби втрат енергетики за рік війни. 11 лютого 2023р. URL: <https://kosatka.media/uk/category/elektroenergiya/news/shmigal-ociniv-masshtabi-vtrat-energetiki-za-rik-viyni> (дата звернення 09.01.2024 р.).

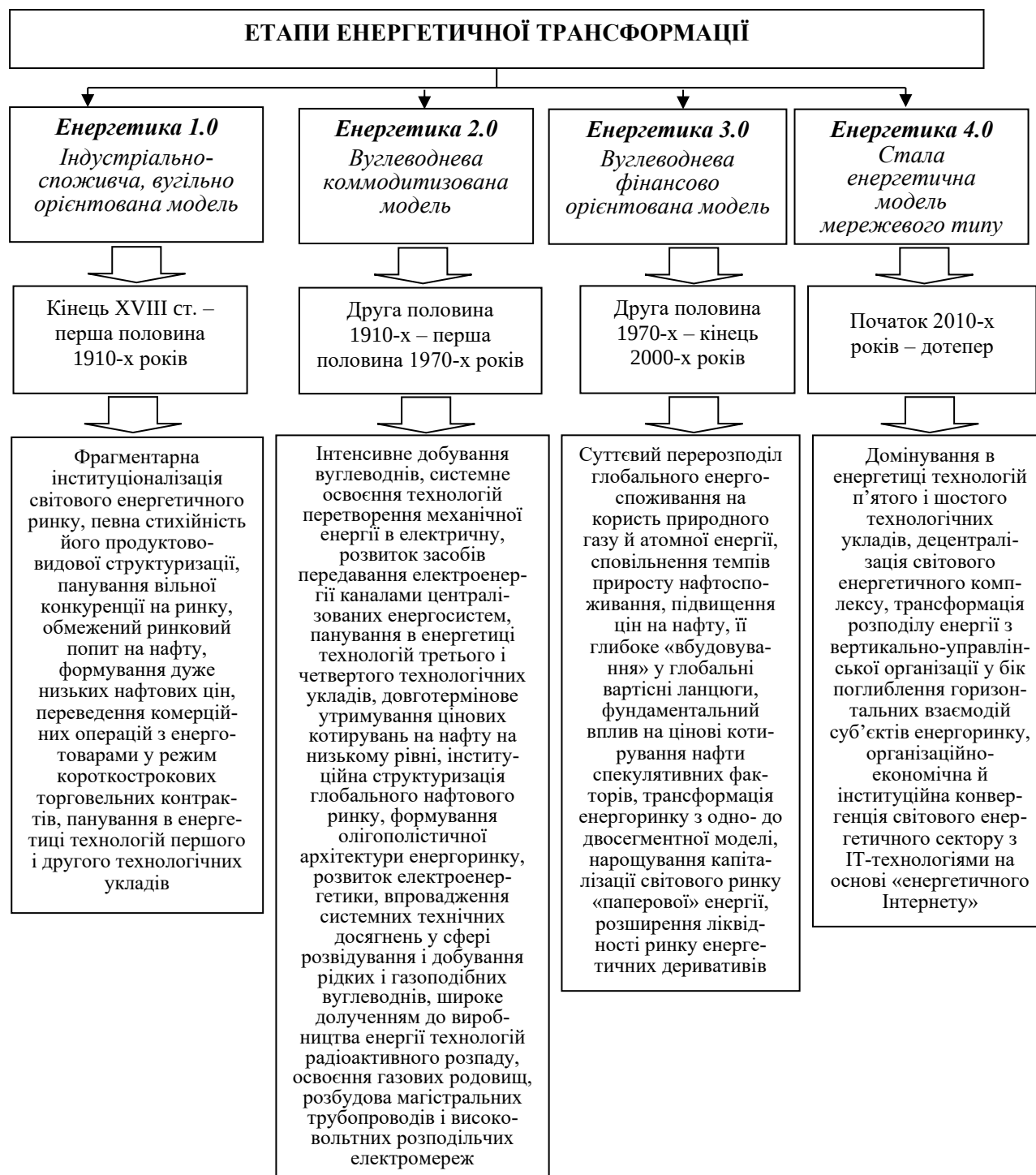
263. Яценко О. М. Циркулярна економіка як незворотній глобальний мегатренд та драйвер сталого розвитку України. *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. 2022. № 11-12. С. 131-143. URL: <http://n-visnik.oneu.edu.ua/collections/2022/300-301/pdf/131-143.pdf>

264. Яценко О., Гальперіна Л., Панченко Є. Міжнародна координація стратегій інтеграції В'єтнаму до світового енергетичного ринку згідно з вимогами сталого розвитку. *Економіка та суспільство*. 2020. Вип. 22. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/109/104>

265. Яценко О. М., Швиданенко Г. О., Швиданенко О. А. Циркулярна економіка як основа забезпечення сталого розвитку країни в контексті євроінтеграції. *Економіка і регіон*. 2022. №4 (87). URL: <https://journals.nupp.edu.ua/eir/article/view/2794/2202>

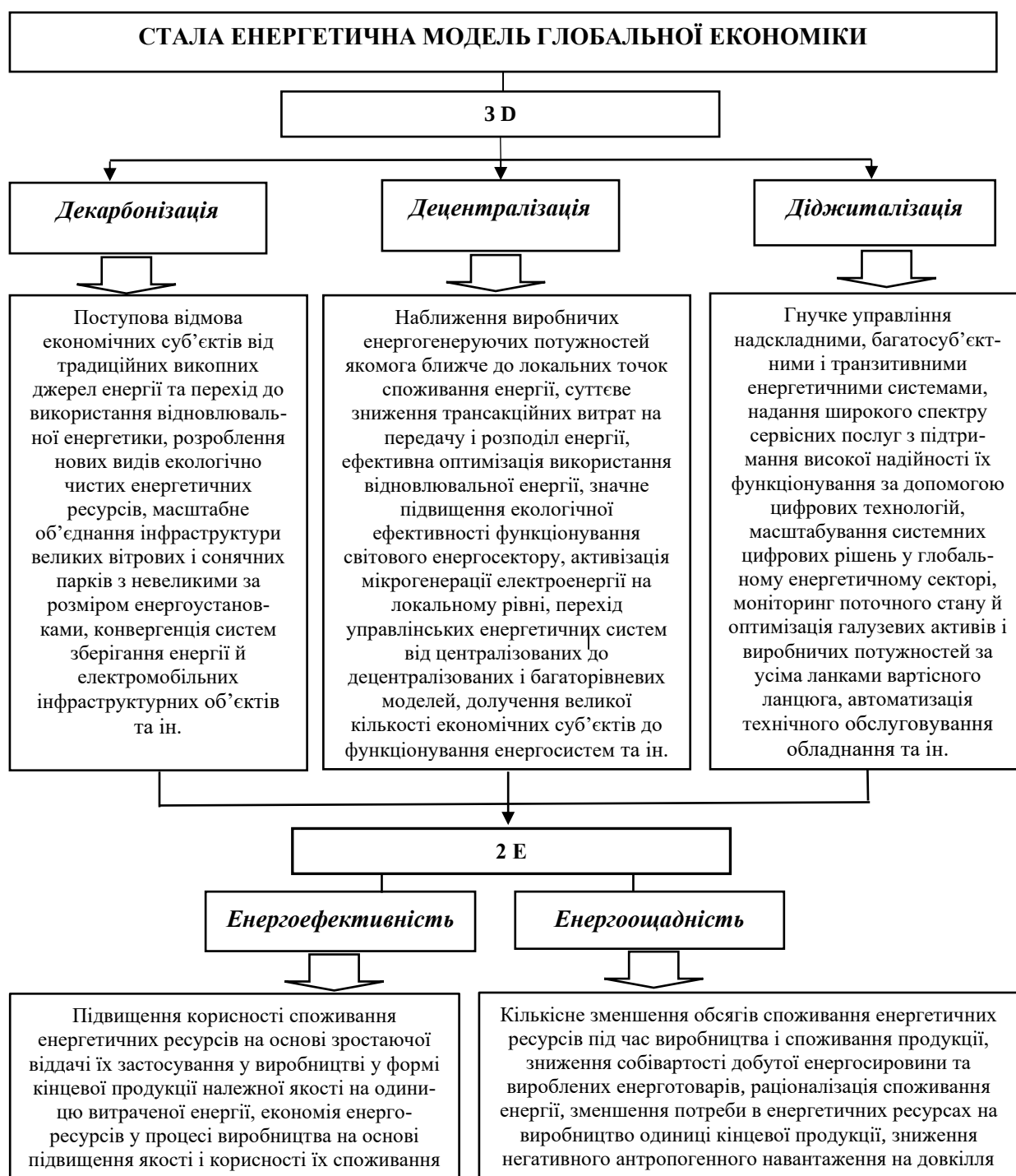
ДОДАТОК А

Етапи енергетичної трансформації з кінця XVIII ст. і дотепер



Джерело: узагальнено і побудовано авторкою.

Концептуальний формат сталої енергетичної моделі глобальної економіки



Джерело: узагальнено і складено авторкою.

ДОДАТОК В

**Економічний ефект від використання в енергетичному секторі
цифрових технологій за їх окремими видами**

Показник	Економічний ефект
<i>Технології Big Data</i>	
Курс акцій	Дворазове підвищення
Рівень задоволеності роботою команди	Збільшення на 40%
Операційні і капітальні витрати компаній	Зниження на 20%
Обсяги інвестиційних капіталовкладень	Зниження на 15%
Термін служби основних фондів компаній	Подовження на 10%
Виручка від основної діяльності фірм	Збільшення на 10%
Продуктивність роботи персоналу	Збільшення на 10%
Витрати на обслуговування технологічного обладнання	Зменшення на 10-20%
Прибуток компаній до вирахування процентів, податків, зносу обладнання і амортизації (EBITDA ²⁴)	Збільшення на 30%
Обсяги операційного доходу компаній	Збільшення на 40%
<i>Технології цифрового двійника</i>	
Витрати на технічне обслуговування операційних процесів	Зниження на 25%
Кількість аварій	Зменшення на 70%
Незапланований простій обладнання	Зниження на 35%
Продуктивність технологічного обладнання	Збільшення на 20%
<i>Розумне управління</i>	
Сировинна база підприємств	Триразове збільшення
Обсяги добування нафти	Збільшення на 10%
Запаси нафти	Збільшення на 15 млрд т
Коефіцієнт вилучення нафти	Зростання на 10%
Питомі витрати на автоматизацію	4% від виручки
Питома собівартість добування нафти	Зниження на 15%
Ефективність технічного обслуговування обладнання	Підвищення на 20-30%
Продуктивність праці	Зростання на 10%
Кількість аварій (включаючи витоки і викиди)	Зменшення на 20-30%

Джерело: узагальнено і побудовано авторкою за даними [190, с. 5; 96, с. 81, 82, 83, 84].

²⁴²⁴ Примітка.

EBITDA - Earnings before interest, taxes, depreciation and amortization.

ДОДАТОК Д

Найбільші проекти Vehicle-to-Grid та їх країнові локації

Назва проекту	Країна реалізації проекту	Період реалізації проекту	Кількість побудованих зарядних станцій для електромобілів	Протестовані послуги
INVENT – UCSD/Nissan/Nuvve	США	2017-2020 рр.	500	Регулювання частот, дистрибуція, перенесення навантаження
OVO Energy V2G (Project Sciurus)	Велико-британія	2018-2021 рр.	320	Арбітраж
Powerloop: Domestic V2G Demonstrator Project	Велико-британія	2018 р. – дотепер	135	Арбітраж, дистрибуція, перенесення навантаження, резервне копіювання
UK Vehicle-2-Grid (V2G)	Велико-британія	2016 р.	100	Регулювання частот
Electric Nation Vehicle to Grid	Велико-британія	2020-2022 рр.	100	Резервування, дистрибуція, перенесення навантаження
Share the Sun/Deeldezoon Project	Нідерланди	2019-2021 рр.	80	Регулювання частот, дистрибуція, перенесення навантаження
Smart MAUI	Гаваї	2012-2015 рр.	80	Перенесення навантаження
Utrecht V2G charge hubs (We Drive Solar)	Нідерланди	2018 р. – дотепер	80	Арбітраж
Realising Electric Vehicle to Grid Services	Австралія	2020-2022 рр.	51	Регулювання частот, резервування
Bidirektionales Lademanagement–BDL	Німеччина	2021-2022 рр.	50	Регулювання частот, арбітраж, перенесення навантаження
Parker	Данія	2016-2018 рр.	50	Регулювання частот, арбітраж, дистрибуція
Elia V2G	Бельгія	2018-2019 рр.	40	Регулювання частот
EV-elocity	Велико-британія	2018-2022 рр.	35	Арбітраж, перенесення навантаження
V2G Zelzate	Бельгія	2020-2023 рр.	22	Регулювання частот, резервування, перенесення навантаження
Peak Drive	Канада	2019-2025 рр.	21	Дистрибуція, перенесення навантаження
INEES Volkswagen Bus2Grid	Німеччина	2012-2015 рр.	20	Регулювання частот
E-FLEX -Real-world Energy Flexibility through Electric Vehicle Energy Trading	Велико-британія	2018 р. – дотепер	...	Регулювання частот, дистрибуція, перенесення навантаження
V2GO	Велико-британія	2018 р. – дотепер	...	Регулювання частот, арбітраж, перенесення навантаження

Джерело: побудовано авторкою за даними [139, с. 9-11].

ДОДАТОК Е

**Топ – 20 корпорацій глобальної індустрії зеленої енергетики за
показником ринкової капіталізації у 2022 р.**

Рей- тинг	Корпорація	Країна походження	Ринкова капіталізація, млрд дол. США	Ціна акції, дол. США	Загальний дохід у 2022 р., млрд дол. США	Чистий прибуток у 2022 р., млрд дол. США	Загальні активи на кінець 2021 р., млрд дол. США	Коефіцієнт ціна/прибуток у грудні 2022 р.
1	Nextera Energy	США	169,2	85,2	19,8	4,1	156,4	43,8
2	LONGI Green Energy Technology	Китай	49,7	6,6	16,7	2,2	15,6	35,4
3	Adani Green Energy	Індія	40,6	25,0	0,8	0,1	3,4	713,0
4	Vestas Wind System	Данія	26,3	26,2	17,8	-0,3	22,5	-36,0
5	EDP Renovaveis	Іспанія	22,7	23,1	2,4	1,6	19,9	81,5
6	Brookfield Renewable Partners	Бермудські острови	17,7	27,6	4,6	1,2	30,9	-49,2
7	Trina Solar	Китай	17,8	8,2	10,7	0,6	13,5	85,0
8	SolarEdge	Ізраїль	16,7	298,9	2,7	0,2	1,7	142,0
9	Acciona Energias Renovables	Іспанія	12,9	39,2	2,2	0,7	22,3	29,6
10	Plug Power	США	8,5	13,8	0,6	-0,7	6,0	-11,5
11	Hanwha Solutions	Респ. Корея	6,9	36,4	9,9	0,3	12,0	13,2
12	Northland Power	Канада	6,7	27,4	1,9	1,1	8,0	15,4
13	Brookfield Renewable	США	5,3	30,8	3,7	2,0	30,9	7,8
14	NHPC Limited	Індія	5,3	0,5	1,3	0,6	8,8	8,6
15	Ormat Technologies	США	5,0	89,9	0,7	0,1	4,5	75,5
16	Verbio	Німеччина	4,8	74,9	2,0	0,5	0,8	18,9
17	Neoen	Франція	4,7	40,1	0,4	0,2	5,7	85,3
18	Bloom Energy	США	4,1	20,1	1,1	-0,3	1,4	-11,7
19	DAQO New Energy	Китай	3,7	49,3	4,1	2,7	0,2	2,3
20	Encavis	Німеччина	3,3	20,1	0,4	0,1	3,4	26,1
Усього			431,9	X	103,8	17,0	367,9	X

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [100; 111].

ДОДАТОК Ж

**Головні показники глобального інвестування відновлювальної енергетики у
період 2004-2019 рр., млрд. дол. США**

Показник	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2019
<i>Інвестування відновлювальної енергетики</i>								
Інвестиції, вкладені у поточному році	36,8	103,4	177,9	238,5	253,7	288,1	293,9	301,7
Акумуляовані обсяги інвестицій	45,2	136,9	236,2	295,8	319,3	376,9	427,8	402,4
<i>Інвестиції, вкладені у поточному році, за окремими ланками вартісного ланцюга</i>								
<i>Технологічний розвиток, у тому числі:</i>								
- венчурний капітал	0,4	1,2	3,3	2,6	2,4	1,0	0,8	1,2
- ДіР державного сектору	1,9	2,2	2,8	4,9	4,7	4,5	5,1	5,7
- корпоративні ДіР	1,9	2,2	3,3	3,8	4,1	4,3	4,3	7,7
<i>Нарощування інвестиційного потенціалу, у тому числі:</i>								
- інвестиційні капіталовкладення приватного сектору	0,3	2,9	6,7	5,3	1,6	1,7	1,7	1,8
- інвестиції, залучені з відкритих ринків капіталу	0,3	8,9	10,5	10,6	3,8	14,9	6,2	6,6
<i>Інвестиційні проекти у сфері відновлювальної енергетики, у тому числі:</i>								
- фінансування активів	32,1	79,2	133,5	152,2	170,1	228,4	247,5	230,1
- кошти невеликих розподільчих потужностей	8,0	9,0	22,2	60,9	69,9	36,7	32,5	52,1
Усього фінансові інвестиції	32,9	90,0	149,6	169,0	174,9	242,6	252,1	236,3
ДіР державного і приватного секторів, інноваційні проекти малого бізнесу	11,9	13,4	28,4	69,5	78,8	45,5	41,8	65,5
Усього інвестиції, вкладені у поточному році	44,8	103,4	177,9	238,5	253,7	288,1	293,9	301,7
<i>Угоди злиттів і поглинань у сфері відновлювальної енергетики</i>								
ЗіП за участі капіталу приватних інвесторів	0,8	1,8	5,1	1,9	3,0	4,1	3,2	3,2
ЗіП шляхом виходу з інвестицій	0,4	2,6	0,9	4,8	0,4	1,6	6,4	...
Корпоративні ЗіП	2,2	10,3	16,5	18,7	9,3	11,2	29,5	13,7
Придбання і рефінансування проектів	5,1	18,7	35,8	32,0	53,0	71,9	94,8	83,8
<i>Інвестиції, вкладені у поточному році, за секторами відновлювальної енергетики</i>								
Вітрова енергетика	18,4	35,4	73,9	97,8	78,3	111,1	123,5	142,7
Сонячна енергетика	10,7	21,6	60,5	102,0	144,0	147,8	145,9	141,0
Біопаливна енергетика	3,9	26,3	17,6	10,1	7,7	5,5	2,1	3,0
Енергетика біомаси	7,9	12,0	16,4	17,3	15,4	13,1	15,2	11,2
Малі гідроелектростанції	2,8	6,8	7,6	8,2	6,3	7,4	4,3	2,5
Геотермальна енергетика	1,1	1,3	1,7	2,8	1,7	2,9	2,7	1,2
Енергетика морських припливів і відпливів	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2
Усього	44,8	103,4	177,9	238,5	253,7	288,1	293,9	301,7
<i>Інвестиції у відновлювальну енергетику за окремими регіонами</i>								
США	6,0	28,5	34,7	34,6	40,7	38,4	44,4	59,0
Бразилія	0,7	4,1	11,1	7,2	7,8	7,7	5,7	6,8
Північна, Центральна і Південна Америка (за виключенням США і Бразилії)	1,7	3,5	5,6	12,0	10,4	15,2	6,5	12,8
Європа	23,3	40,7	79,1	112,2	91,1	68,7	71,5	58,4
Середній Схід і Африка	0,6	1,2	2,2	4,0	9,9	8,4	7,1	15,4
Китай	3,0	10,5	25,8	42,4	56,6	88,7	105,6	90,1
Індія	2,7	4,8	5,3	7,7	6,7	7,4	12,5	11,2
АСЕАН (за виключенням Китаю і Індії)	6,7	10,0	14,1	18,5	30,4	53,7	40,7	48,2
Усього	44,8	103,4	177,9	238,5	253,7	288,1	293,9	301,7

Джерело: побудовано авторкою за даними [77, с. 62].

ДОДАТОК 3

**Найбільші угоди фінансування активів
у відновлювальній енергетиці у 2019 р.**

Проект	Країна / ринок	Технологія	Енергогене- руюча потуж- ність, МВт	Кошторисна вартість проекту, млрд дол. США
Al Maktoum IV tower and parabolic trough plant	ОАЕ	Сонячна термальна	700	3,9
EDF and ESD Neart na Gaoithe	Велико- британія	Офшорна вітроенергетика	432	3,4
Wpd and Starwind Yunlin	Тайвань	Офшорна вітроенергетика	640	3,0
Orsted Greater Changhua Portfolio	Тайвань	Офшорна вітроенергетика	900	2,7
EDF Enbridge Saint Nazaire	Франція	Офшорна вітроенергетика	480	2,5
Swancor & Macquarie Formosa II Miaoli	Тайвань	Офшорна вітроенергетика	376	2,0
SPIC Zhanjiang Xuwen	Китай	Офшорна вітроенергетика	600	1,5
EDF Enbridge Saint Nazaire	Китай	Офшорна вітроенергетика	500	1,5
Swancor & Macquarie Formosa II Miaoli	Швеція	Офшорна вітроенергетика	844	1,1
SPIC Zhejiang New Energy Investment Zhushan Shengsi 2#	Китай	Офшорна вітроенергетика	402	1,0
Haixia Power Fuzhou Changle A	Китай	Офшорна вітроенергетика	301	1,0
NBT Zofia Phase II and Phase II	Україна	Офшорна вітроенергетика	750	1,0
Frystan	Нідерланди	Офшорна вітроенергетика	383	0,9
Huadian Fuqing Haitan Haixia	Китай	Офшорна вітроенергетика	300	0,9
Усього за топ – 14 угод			7608	26,4

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [77, с. 36].

ДОДАТОК И

**Топ – 20 компаній США з найбільшими обсягами власної згенерованої
зеленої енергії станом на 28 липня 2022 р.**

Рей- тинг	Компанія	Власна згенерована енергія		Відновлювальні енергоджерела для власної генерації	Додатково придбаний обсяг зеленої енергії, ГВт / год
		Обсяг спожи- вання, ГВт / год.	Частка у загальному обсязі енергоспожи- вання компанії, %		
1	Apple Inc.	498,7	21	Біогаз, мала гідро- енергетика, сонце	1978,5
2	The Procter & Gamble	363,1	14	Біомаса, сонце	2231,2
3	State of California	147,0	13	Сонце, вітер	198,6
4	Target Corporation	143,9	4	Сонце	1136,7
5	General Motors, LLC	89,6	3	Біогаз, сонце	1117,4
6	University of California	84,8	8	Біогаз, сонце	383,2
7	Kaiser Permanente	49,2	3	Сонце	1546,7
8	IKEA	42,7	15	Біогаз, сонце	748,7
9	Tucson Unified School District	42,3	49	Сонце	0
10	University of Missouri	41,4	18	Біомаса, сонце, вітер	28,3
11	ALDI Inc.	34,5	3	Сонце, вітер	973,9
12	U.S. General Services Administration	31,6	2	Геотермальні дже- рела, сонце, вітер	176,9
13	Whirlpool Corporation	30,8	7	Вітер	11,5
14	JP Morgan Chase&Co.	26,1	2	Сонце	1547,7
15	County of Santa Clara, CA	25,8	17	Сонце	108,9
16	Kohl's, Inc.	23,7	3	Сонце	61,6
17	Marine Corps Air Station Miramar	23,6	37	Біогаз, сонце	0
18	Dane County, WI	17,7	38	Сонце	1,0
19	SC Johnson & Son	16,8	8	Біогаз, сонце, вітер	104,9
20	Amphitheater Public School	16,6	67	Сонце	0
Усього		1749,9	X	X	12355,7

Джерело: розраховано і побудовано авторкою за даними [180].

ДОДАТОК К

**Панель вихідних дані для проведення кластеризації держав за показниками розвитку
сектору відновлювальної енергетики станом на кінець 2021 р.**

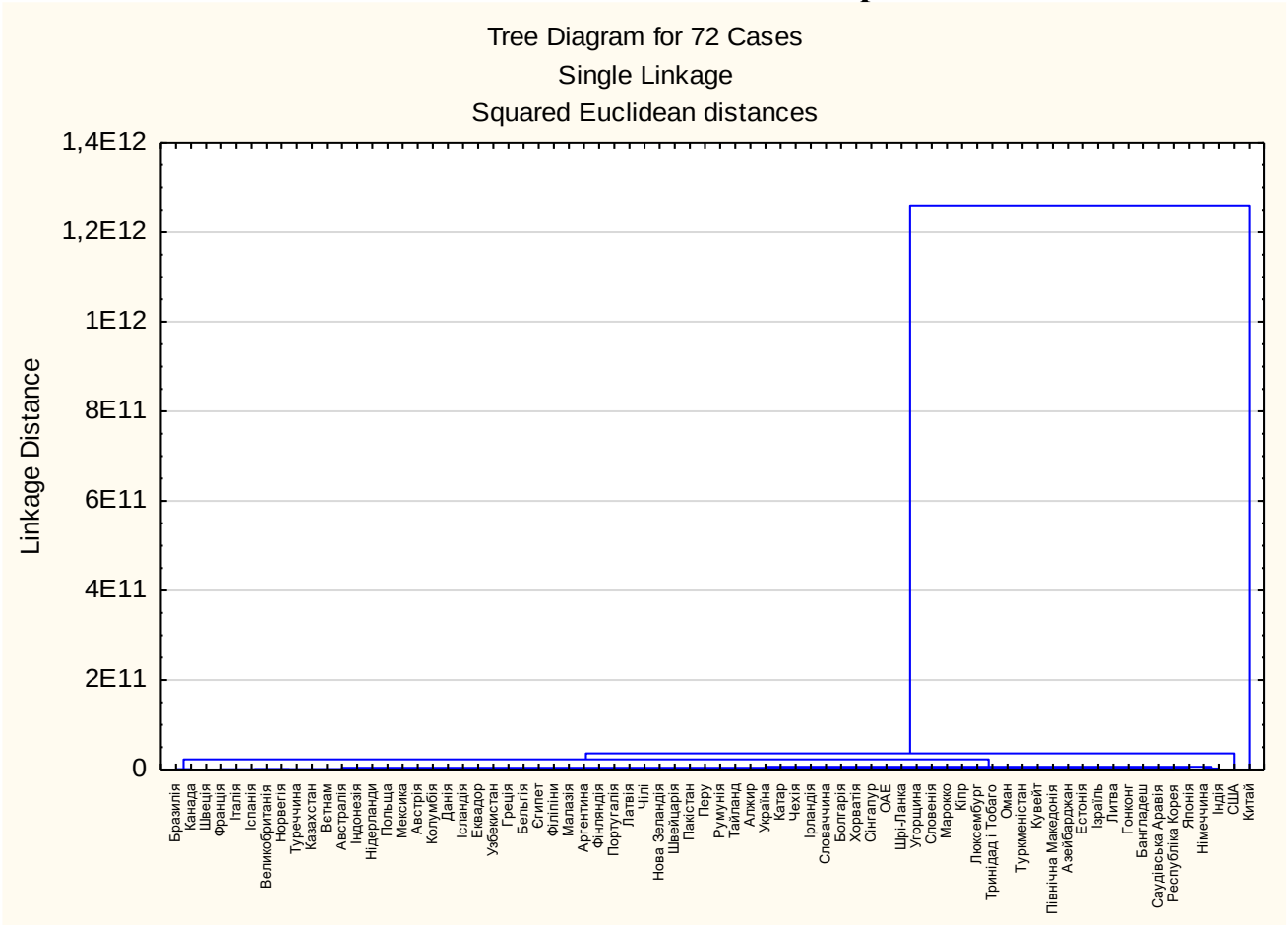
Країна	Викиди CO₂, млн. т	Частка відновлювальної енергії у валовому кінцевому споживанні, %	Потужність відновлювальної енергетики, ГВт год	Частка відновлювальної енергетики у виробництві електроенергії, %	Сукупна потужність сонячних батареї, МВт	Якість повітря, PM 2,5	Викиди вуглецю на особу, т
Китай	10523	13,3	1739400	14,95	253400	38,2	7,94
США	4701,1	21	637076	10,66	95209	7,2	15,04
Індія	2552,8	18	288642	9,31	56951	50,3	1,94
Японія	1053,7	23,1	158822	11,43	74191	10,8	8,47
Німеччина	628,9	18	237610	19,45	58461	10,7	8,04
Респ. Корея	603,8	5,1	15930	3,72	18161	24	12,01
Саудівська Аравія	575,3	0,03	1292	0,9	1200	57,2	19,03
Індонезія	572,5	17,4	39509	10,39	10700	19,3	2,24
Канада	527,4	22,11	433597	29,89	13600	6,4	14,33
Бразилія	436,6	37,01	465579	46,22	13055	10,9	2,28
Туреччина	403,3	14,12	138096	16,52	13500	26,5	5,25
Мексика	373,8	10,35	48937	10,51	8280	17,8	3,13
Австралія	369,4	10,13	50772	12,93	19076	8,9	15,17
Великобританія	337,7	15	110019	17,95	13689	9,5	5,08
Італія	311,2	17	108036	18,36	22698	14,2	5,44
Польща	309,1	15	25378	7,76	10200	18,8	8,69
Франція	273,6	23	97242	13,67	10070	10,5	4,68
В'єтнам	272,7	18,65	63654	22,73	16660	20,9	3,32
Тайланд	269,4	23,96	25047	7,11	2200	24,6	3,98
Об'єднані Арабські Емірати	260,1	0,67	3373	7	1200	41,8	20,43

Іспанія	245,7	20	104639	22,34	15952	9,3	5
Малайзія	238,6	5,11	21491	8,06	600	21,5	7,81
Пакистан	226,4	43,36	37249	10,62	600	50,1	1,02
Єгипет	219,6	5,3	16023	6,23	1650	63,2	2,39
Казахстан	219,4	1,7	12013	3,99	40000	26,5	14,57
Сінгапур	215,7	0,84	8243	0,1	1000	13,3	5,51
Аргентина	181,7	10,74	41175	11,33	1071	12	4,09
Нідерланди	178,2	14	0	12,37	14249	10,7	8,21
Україна	167,9	7,44	3373	6,01	6320	13,5	4,64
Алжир	139,7	0,16	4305	0,26	4000	22,7	3,95
Філіппіни	136,8	26,7	22031	10,9	200	22,5	1,3
Катар	115,3	0,04	1232	8	2800	59	32,65
Бельгія	114,7	13	14168	9,34	3200	11,3	8,23
Узбекистан	112,3	1,54	14901	2,65	540	41	3,58
Кувейт	103,1	0,06	663	3	1270	64,1	24,52
Бангладеш	100,9	24,75	1183	0,65	700,8	46	0,56
Туркменістан	94,3	0,06	0	0,01	0	26,4	13,56
Колумбія	86,5	30,72	48339	33,02	130,3	14	1,79
Чехія	92,4	13	9384	6,5	600	14,3	9,06
Чилі	87	25,26	34319	26,52	400	20,5	4,45
Оман	82,1	0	37	16	12	34,9	15,5
Румунія	70,3	24	26969	17,48	20	13,3	4,15
Марокко	68,9	10,69	4757	7,64	950	13,4	3,51
Гонконг	64,6	0,23	2000	0,11	500	10	4,19
Ізраїль	63,3	4,47	1656	5,13	121	19,5	6,2
Австрія	58,4	34	50772	37,48	1200	11,5	7,15
Греція	56,5	18	14893	19,39	2442	14,6	5,43
Перу	56	27,12	26030	27,74	336	29,1	1,69
Угорщина	45,7	13	3215	6,82	100	14,2	5,03
Швеція	40,1	49	89127	50,92	210	6	3,53
Болгарія	41,7	16	7106	11,49	400	17,3	6,17

Португалія	39,7	31	32262	32,7	60	7,3	4,01
Фінляндія	37,2	38	30407	34,61	395	5,5	6,78
Еквадор	35,5	17,73	16445	32,35	12	16,6	2,31
Азербайджан	35,3	1,62	2192	2,2	20	24,6	0,3
Ірландія	34,8	16	7515	17,58	10	8,2	7,54
Швейцарія	33,4	24,76	37809	36,72	40,3	9	4,01
Норвегія	33,4	62,37	145379	71,56	300	6,3	7,49
Нова Зеландія	32,7	29,65	36118	40,22	1100	8,6	6,95
Словаччина	31,7	14	6629	9,82	472	14,1	6,47
Данія	28,1	30	18451	39,72	2340	9,7	5,09
Шрі-Ланка	22,8	49,91	3950	21,4	367	23,9	0,97
Естонія	18	25	1524	14,33	13,4	6,4	7,88
Тринідад і Тобаго	16	0,43	4	0,01	184	35,7	25,74
Хорватія	15,7	20	8364	28,27	309	15,3	4,34
Литва	12,1	23	2088	9,49	658	10,4	5,16
Словенія	11,6	25	5057	18,77	372	14,1	6,05
Люксембург	9,3	11	455	7,1	277	8,9	13,16
Латвія	7,4	40	34816	23,9	4	12	3,89
Кіпр	7,2	13	424	16,8	80	14,5	6,24
Північна Македонія	6,9	16,32	2066	14,82	12	0,1	3,29
Ісландія	1,8	81,07	18547	86,87	200	5,8	9,82

ДОДАТОК Л

Дендрограми результатів кластеризації країн за рівнем розвитку сектору відновлювальної енергетики на основі використання програмного пакету даних Statistica за методом k-середніх



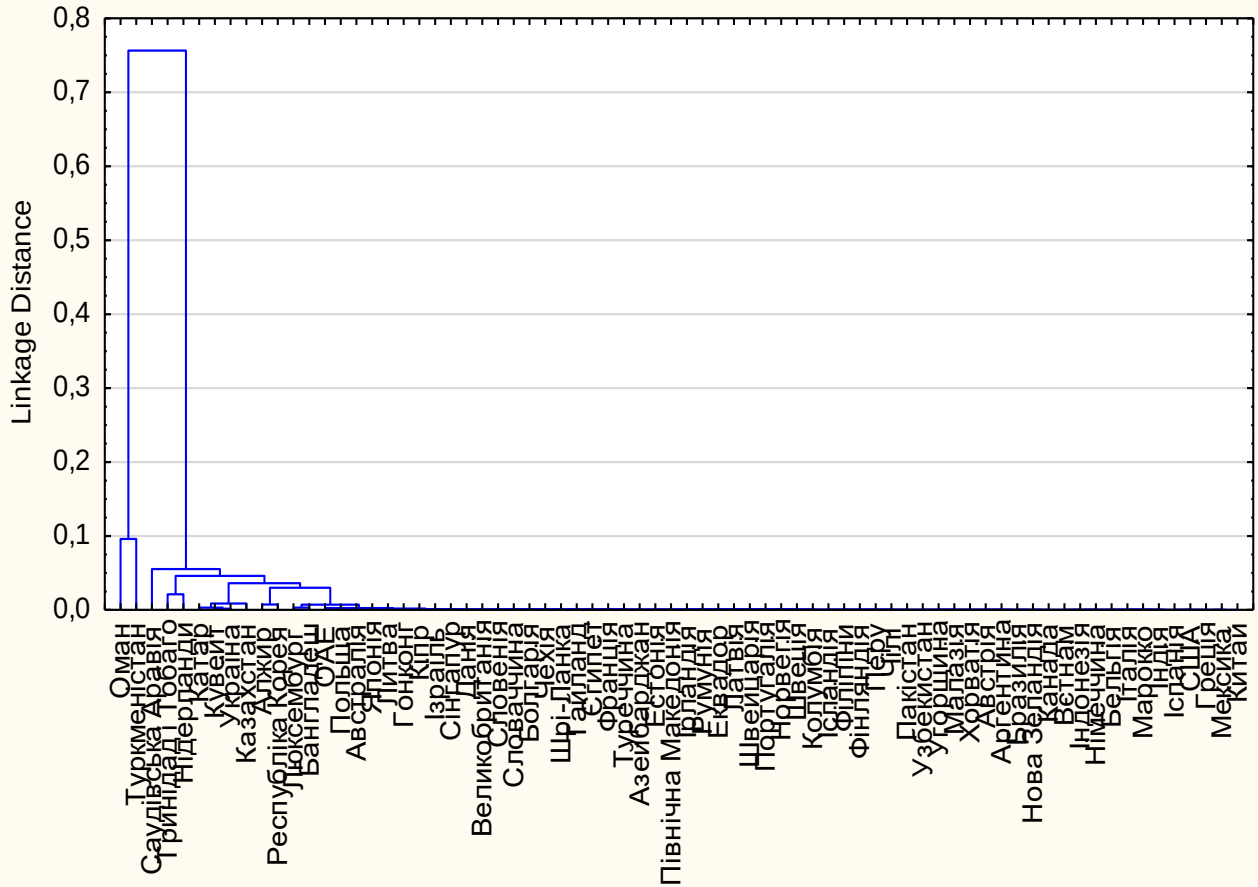
Amalgamation Schedule (Untitled1 (B2:BU73))					
Single Linkage					
Squared Euclidean distances					
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5
1993,537	Туркменістан	Оман			
17731,11	Азербайджан	Північна Македонія			
31734,40	Ізраїль	Естонія			
35403,57	Туркменістан	Оман	Тринідад і Тобаго		
36071,81	Гонконг	Литва			
39951,75	Люксембург	Кіпр			
160674,6	Туркменістан	Оман	Тринідад і Тобаго	Люксембург	К
183781,1	Ізраїль	Естонія	Азербайджан	Північна Македонія	
232830,1	Болгарія	Словаччина			
246403,4	Гонконг	Литва	Ізраїль	Естонія	Азербайджан
319550,4	Болгарія	Словаччина	Ірландія		
410457,8	Чілі	Латвія			
427702,9	Марокко	Словенія			
462480,8	Малазія	Філіппіни			
487214,7	Саудівська Аравія	Бангладеш			
533288,0	Сінгапур	Хорватія			
562476,2	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
595910,3	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
613723,9	Угорщина	Шрі-Ланка			
666838,4	Пакістан	Швейцарія			
719746,8	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
810757,8	Сінгапур	Хорватія	Болгарія	Словаччина	Ірландія
982152,2	Румунія	Перу			
995107,4	Марокко	Словенія	Угорщина	Шрі-Ланка	
1053319,	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
1086460,	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
1103721,	Бельгія	Греція			
1131510,	Сінгапур	Хорватія	Болгарія	Словаччина	Ірландія
1569502,	Пакістан	Швейцарія	Нова Зеландія		

Case No.	Squared Euclidean distances (Untitled1 (B2:BU73))					
	Китай	США	Індія	Японія	Німеччина	Республіка К
Китай	1,000000E-35	1,259574E+12	2,166774E+12	2,552039E+12	2,316733E+12	3,0532
США	1,259574E+12	1,000000E-35	1,228745E+11	2,291819E+11	1,609401E+11	3,9177
Індія	2,166774E+12	1,228745E+11	1,000000E-35	1,715270E+10	2,610248E+09	7,5880
Японія	2,552039E+12	2,291819E+11	1,715270E+10	1,000000E-35	6,455162E+09	2,3557
Німеччина	2,316733E+12	1,609401E+11	2,610248E+09	6,455162E+09	1,000000E-35	5,0766
Республіка Корея	3,053283E+12	3,917756E+11	7,588030E+10	2,355769E+10	5,076611E+10	1,0000
Саудівська Аравія	3,114005E+12	4,130760E+11	8,568211E+10	3,014362E+10	5,912503E+10	5,0194
Індонезія	2,976915E+12	3,642451E+11	6,421033E+10	1,826693E+10	4,152512E+10	6,1163
Канада	1,790703E+12	4,808115E+10	2,289537E+10	7,917285E+10	4,042342E+10	1,7446
Бразилія	1,708523E+12	3,617869E+10	3,323804E+10	9,783785E+10	5,403161E+10	2,0221
Туреччина	2,649817E+12	2,556759E+11	2,455671E+10	4,113388E+09	1,192458E+10	1,4946
Мексика	2,946389E+12	3,534829E+11	5,983210E+10	1,641944E+10	3,811570E+10	1,1871
Австралія	2,933878E+12	3,495674E+11	5,802142E+10	1,471293E+10	3,645968E+10	1,2148
Великобританія	2,740416E+12	2,844536E+11	3,378269E+10	6,042738E+09	1,828408E+10	8,8728
Італія	2,741698E+12	2,851604E+11	3,379682E+10	5,231298E+09	1,806851E+10	8,5041
Польща	3,025457E+12	3,814203E+11	7,149862E+10	2,190270E+10	4,737165E+10	1,5272
Франція	2,784347E+12	2,986890E+11	3,883699E+10	7,904208E+09	2,204499E+10	6,6772
В'єтнам	2,891932E+12	3,350023E+11	5,224817E+10	1,236737E+10	3,200814E+10	2,2799
Тайланд	3,031389E+12	3,832498E+11	7,248521E+10	2,307907E+10	4,834846E+10	3,3798
ОАЕ	3,106782E+12	4,104369E+11	8,449184E+10	2,949271E+10	5,814593E+10	4,4547
Іспанія	2,756661E+12	2,897907E+11	3,554335E+10	6,328231E+09	1,948845E+10	7,8742
Малазія	3,044570E+12	3,879157E+11	7,455045E+10	2,427610E+10	5,005547E+10	3,3944
Пакистан	2,990677E+12	3,687633E+11	6,637929E+10	2,019632E+10	4,349259E+10	7,6303
Єгипет	3,062747E+12	3,944802E+11	7,738476E+10	2,565445E+10	5,232846E+10	2,7277
Казахстан	3,054714E+12	3,937719E+11	7,681638E+10	2,272260E+10	5,123498E+10	4,9243
Сінгапур	3,090019E+12	4,043264E+11	8,175958E+10	2,803166E+10	5,591116E+10	3,5374
Аргентина	2,977040E+12	3,639804E+11	6,436812E+10	1,918811E+10	4,188052E+10	9,2955
Нідерланди	3,110722E+12	4,124408E+11	8,514331E+10	2,881824E+10	5,841342E+10	2,6925
Україна	3,103689E+12	4,095013E+11	8,394759E+10	2,877165E+10	5,758587E+10	2,9807
Алжир	3,101850E+12	4,087390E+11	8,365716E+10	2,880312E+10	5,739747E+10	3,3589
Філіппіни	3,042961E+12	3,873279E+11	7,430794E+10	2,418729E+10	4,986889E+10	3,6003

Amalgamation Schedule (Untitled1 (B2:BU73))					
Single Linkage					
Squared Euclidean distances					
linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5
1993,537	Туркменістан	Оман			
17731,11	Азербайджан	Північна Македонія			
31734,40	Ізраїль	Естонія			
35403,57	Туркменістан	Оман	Тринідад і Тобаго		
36071,81	Гонконг	Литва			
39951,75	Люксембург	Кіпр			
160674,6	Туркменістан	Оман	Тринідад і Тобаго	Люксембург	К
183781,1	Ізраїль	Естонія	Азербайджан	Північна Македонія	
232830,1	Болгарія	Словаччина			
246403,4	Гонконг	Литва	Ізраїль	Естонія	Азербайджан
319550,4	Болгарія	Словаччина	Ірландія		
410457,8	Чилі	Латвія			
427702,9	Марокко	Словенія			
462480,8	Малазія	Філіппіни			
487214,7	Саудівська Аравія	Бангладеш			
533288,0	Сінгапур	Хорватія			
562476,2	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
595910,3	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
613723,9	Угорщина	Шрі-Ланка			
666838,4	Пакистан	Швейцарія			
719746,8	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
810757,8	Сінгапур	Хорватія	Болгарія	Словаччина	Ірландія
982152,2	Румунія	Перу			
995107,4	Марокко	Словенія	Угорщина	Шрі-Ланка	
1053319,	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
1086460,	Саудівська Аравія	Бангладеш	Гонконг	Литва	Ізраїль
1103721,	Бельгія	Греція			
1131510,	Сінгапур	Хорватія	Болгарія	Словаччина	Ірландія
1569502,	Пакистан	Швейцарія	Нова Зеландія		

Case No.	Squared Euclidean distances (Untitled1 (B2:BU73))					
	Китай	США	Індія	Японія	Німеччина	Республіка К
Китай	1,000000E-35	1,259574E+12	2,166774E+12	2,552039E+12	2,316733E+12	3,0532
США	1,259574E+12	1,000000E-35	1,228745E+11	2,291819E+11	1,609401E+11	3,9177
Індія	2,166774E+12	1,228745E+11	1,000000E-35	1,715270E+10	2,610248E+09	7,5880
Японія	2,552039E+12	2,291819E+11	1,715270E+10	1,000000E-35	6,455162E+09	2,3557
Німеччина	2,316733E+12	1,609401E+11	2,610248E+09	6,455162E+09	1,000000E-35	5,0766
Республіка Корея	3,053283E+12	3,917756E+11	7,588030E+10	2,355769E+10	5,076611E+10	1,0000
Саудівська Аравія	3,114005E+12	4,130760E+11	8,568211E+10	3,014362E+10	5,912503E+10	5,0194
Індонезія	2,976915E+12	3,642451E+11	6,421033E+10	1,826693E+10	4,152512E+10	6,1163
Канада	1,790703E+12	4,808115E+10	2,289537E+10	7,917285E+10	4,042342E+10	1,7446
Бразилія	1,708523E+12	3,617869E+10	3,323804E+10	9,783785E+10	5,403161E+10	2,0221
Туреччина	2,649817E+12	2,556759E+11	2,455671E+10	4,113388E+09	1,192458E+10	1,4946
Мексика	2,946389E+12	3,534829E+11	5,983210E+10	1,641944E+10	3,811570E+10	1,1871
Австралія	2,933878E+12	3,495674E+11	5,802142E+10	1,471293E+10	3,645968E+10	1,2148
Великобританія	2,740416E+12	2,844536E+11	3,378269E+10	6,042738E+09	1,828408E+10	8,8728
Італія	2,741698E+12	2,851604E+11	3,379682E+10	5,231298E+09	1,806851E+10	8,5041
Польща	3,025457E+12	3,814203E+11	7,149862E+10	2,190270E+10	4,737165E+10	1,5272
Франція	2,784347E+12	2,986890E+11	3,883699E+10	7,904208E+09	2,204499E+10	6,6772
В'єтнам	2,891932E+12	3,350023E+11	5,224817E+10	1,236737E+10	3,200814E+10	2,2799
Тайланд	3,031389E+12	3,832498E+11	7,248521E+10	2,307907E+10	4,834846E+10	3,3798
ОАЕ	3,106782E+12	4,104369E+11	8,449184E+10	2,949271E+10	5,814593E+10	4,4547
Іспанія	2,756661E+12	2,897907E+11	3,554335E+10	6,328231E+09	1,948845E+10	7,8742
Малазія	3,044570E+12	3,879157E+11	7,455045E+10	2,427610E+10	5,005547E+10	3,3944
Пакистан	2,990677E+12	3,687633E+11	6,637929E+10	2,019632E+10	4,349259E+10	7,6303
Єгипет	3,062747E+12	3,944802E+11	7,738476E+10	2,565445E+10	5,232846E+10	2,7277
Казахстан	3,054714E+12	3,937719E+11	7,681638E+10	2,272260E+10	5,123498E+10	4,9243
Сінгапур	3,090019E+12	4,043264E+11	8,175958E+10	2,803166E+10	5,591116E+10	3,5374
Аргентина	2,977040E+12	3,639804E+11	6,436812E+10	1,918811E+10	4,188052E+10	9,2955
Нідерланди	3,110722E+12	4,124408E+11	8,514331E+10	2,881824E+10	5,841342E+10	2,6925
Україна	3,103689E+12	4,095013E+11	8,394759E+10	2,877165E+10	5,758587E+10	2,9807
Алжир	3,101850E+12	4,087390E+11	8,365716E+10	2,880312E+10	5,739747E+10	3,3589
Філіппіни	3,042961E+12	3,873279E+11	7,430794E+10	2,418729E+10	4,986889E+10	3,6003

Tree Diagram for 72 Cases
Single Linkage
1-Pearson r



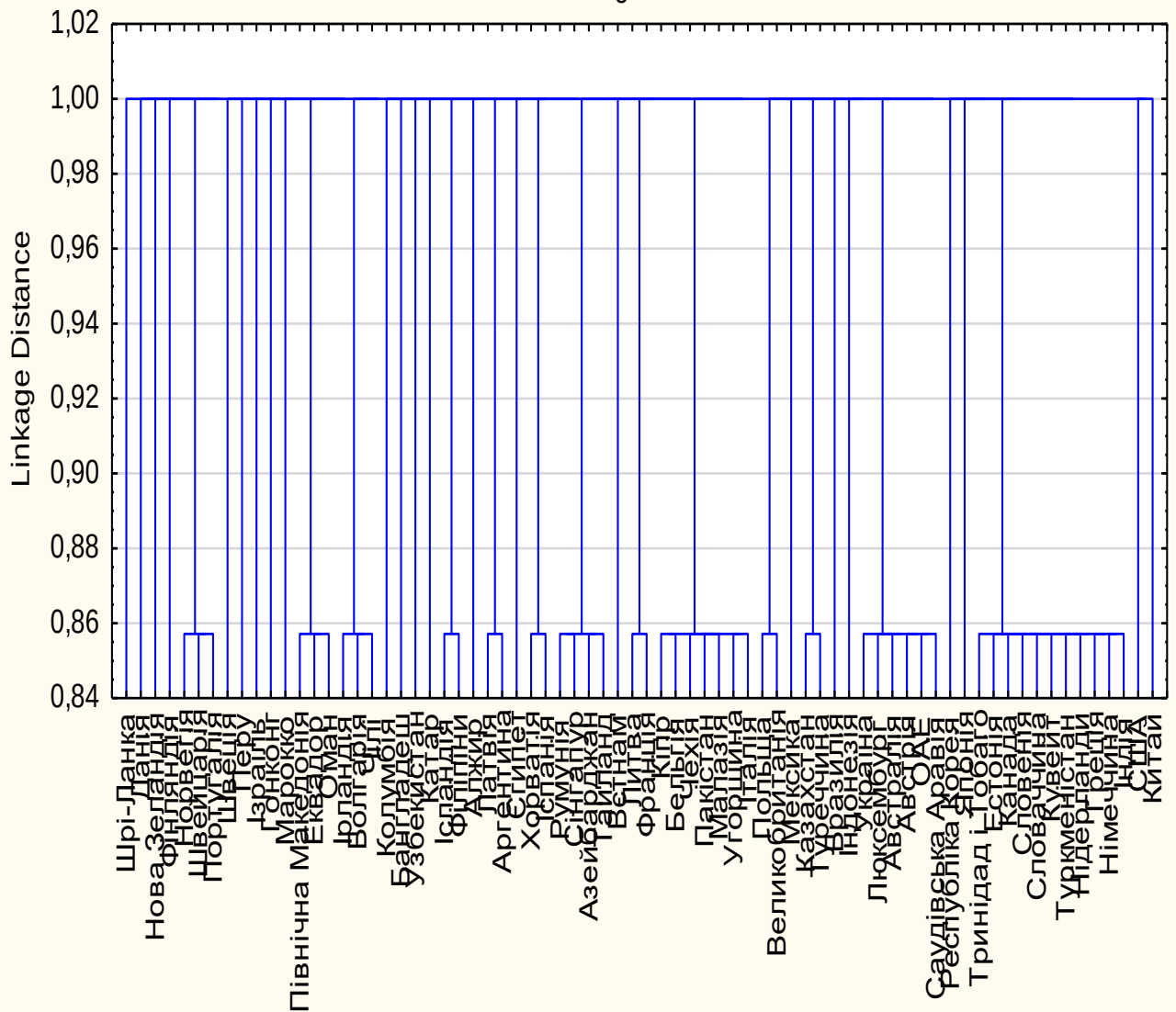
Amalgamation Schedule (Untitled1 (B2: BU73))							
Single Linkage							
1-Pearson r							
Linkage distance	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6	Obj. No. 7
,0000000	Швейцарія	Норвегія					
,0000003	Португалія	Швейцарія					
,0000005	Швейцарія	Норвегія	Португалія	Швейцарія			
,0000007	Колумбія	Швейцарія	Норвегія	Португалія	Швейцарія		
,0000008	Колумбія	Швейцарія	Норвегія	Португалія	Швейцарія	Латвія	
,0000009	Перу	Фінляндія					
,0000009	Чилі	Перу	Фінляндія				
,0000010	Румунія	Ірландія					
,0000011	Колумбія	Швейцарія	Норвегія	Португалія	Швейцарія	Латвія	Еквадор
,0000011	Колумбія	Швейцарія	Норвегія	Португалія	Швейцарія	Латвія	Еквадор
,0000015	Канада	Нова Зеландія					
,0000024	Канада	Нова Зеландія	Бразилія				
,0000032	Малазія	Угорщина					
,0000064	Великобританія	Данія					
,0000076	Аргентина	Австрія					
,0000086	Індія	Марокко					
,0000091	Канада	Нова Зеландія	Бразилія	Аргентина	Австрія	Хорватія	
,0000109	Канада	Нова Зеландія	Бразилія	Аргентина	Австрія	Хорватія	
,0000112	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія			
,0000118	Словаччина	Словенія					
,0000118	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія	Філіппіни		
,0000154	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія	Філіппіни	Ісландія	
,0000172	Туреччина	Франція					
,0000198	Канада	Нова Зеландія	Бразилія	Аргентина	Австрія	Хорватія	Малазія
,0000201	США	Іспанія					
,0000220	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія	Філіппіни	Ісландія	Колумбія
,0000222	Канада	Нова Зеландія	Бразилія	Аргентина	Австрія	Хорватія	Малазія
,0000228	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія	Філіппіни	Ісландія	Колумбія
,0000231	Пакистан	Чилі	Перу	Фінляндія	Філіппіни	Ісландія	Колумбія

Case No.	1-Pearson r (Untitled1 (B2:BU73))							
	Китай	США	Індія	Японія	Німеччина	Республіка Корея	Саудівська Аравія	
Китай	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,28	0,25	
США	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,30	0,26	
Індія	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,27	0,24	
Японія	0,04	0,05	0,04	0,00	0,02	0,12	0,12	
Німеччина	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,24	0,21	
Республіка Корея	0,28	0,30	0,27	0,12	0,24	0,00	0,06	
Саудівська Аравія	0,25	0,26	0,24	0,12	0,21	0,06	0,00	
Індонезія	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,22	0,20	
Канада	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,39	0,34	
Бразилія	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,39	0,34	
Туреччина	0,00	0,00	0,01	0,07	0,01	0,34	0,30	
Мексика	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,29	0,25	
Австралія	0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,16	0,15	
Великобританія	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,32	0,28	
Італія	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,26	0,23	
Польща	0,03	0,03	0,02	0,00	0,01	0,15	0,14	
Франція	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,34	0,29	
В'єтнам	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,23	0,20	
Тайланд	0,00	0,00	0,01	0,07	0,01	0,35	0,30	
ОАЕ	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,18	0,14	
Іспанія	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,30	0,26	
Малазія	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,40	0,34	
Пакистан	0,01	0,01	0,02	0,10	0,03	0,40	0,35	
Єгипет	0,00	0,00	0,00	0,07	0,01	0,34	0,29	
Казахстан	0,70	0,72	0,68	0,44	0,63	0,12	0,23	
Сінгапур	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,33	0,28	
Аргентина	0,01	0,01	0,01	0,09	0,02	0,40	0,34	
Нідерланди	0,99	1,02	0,97	0,71	0,92	0,30	0,43	
Україна	0,49	0,52	0,48	0,27	0,43	0,04	0,13	
Алжир	0,20	0,22	0,19	0,07	0,16	0,01	0,06	
Філіппіни	0,01	0,01	0,02	0,10	0,03	0,41	0,35	

Tree Diagram for 72 Cases

Single Linkage

Percent disagreement



linkage distance	Amalgamation Schedule (Untitled1 (B2:BU73)) Single Linkage Percent disagreement					
	Obj. No. 1	Obj. No. 2	Obj. No. 3	Obj. No. 4	Obj. No. 5	Obj. No. 6
,8571429	Індія	Німеччина				
,8571429	Індія	Німеччина	Греція			
,8571429	Саудівська Аравія	ОАЕ				
,8571429	Саудівська Аравія	ОАЕ	Австрія			
,8571429	Канада	Естонія				
,8571429	Туреччина	Казахстан				
,8571429	Австралія	Люксембург				
,8571429	Великобританія	Польща				
,8571429	Італія	Угорщина				
,8571429	Франція	Литва				
,8571429	Тайланд	Азербайджан				
,8571429	Іспанія	Хорватія				
,8571429	Малазія	Пакистан				
,8571429	Малазія	Пакистан	Чехія			
,8571429	Сінгапур	Румунія				
,8571429	Аргентина	Латвія				
,8571429	Нідерланди	Туркменістан				
,8571429	Філіппіни	Ісландія				
,8571429	Бельгія	Кіпр				
,8571429	Чілі	Болгарія				
,8571429	Оман	Еквадор				
,8571429	Оман	Еквадор	Північна Македонія			
,8571429	Португалія	Швейцарія				
,8571429	Словаччина	Словенія				
,8571429	Індія	Німеччина	Греція	Нідерланди	Туркменістан	
,8571429	Індія	Німеччина	Греція	Нідерланди	Туркменістан	Кувейт
,8571429	Індія	Німеччина	Греція	Нідерланди	Туркменістан	Кувейт
,8571429	Індія	Німеччина	Греція	Нідерланди	Туркменістан	Кувейт
,8571429	Індія	Німеччина	Греція	Нідерланди	Туркменістан	Кувейт

Variable	Analysis of Variance (Untitled3 (B2:BU73))					
	Between SS	df	Within SS	df	F	signif. p
Викиди CO2, млн. т	1,162874E+08	5	1,555662E+07	66	98,671	0,000000
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %	2,903758E+03	5	1,355969E+04	66	2,827	0,022545
Потужність ВДЕ, ГВт год	3,637752E+12	5	3,340285E+10	66	1437,552	0,000000
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %	2,957544E+03	5	1,519503E+04	66	2,569	0,034812
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт	6,986961E+10	5	1,096839E+10	66	84,085	0,000000
Якість повітря, РМ 2,5	2,018571E+03	5	1,345219E+04	66	1,981	0,092994
Викиди вуглецю на душу населення, т	2,408044E+02	5	2,405216E+03	66	1,322	0,265877

Members of Cluster Number 1 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 3 cases	
	Distance
США	51562,34
Канада	31378,37
Бразилія	20440,60

Members of Cluster Number 2 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 2 cases	
	Distance
Індія	9655,214
Німеччина	9655,214

Members of Cluster Number 3 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 1 cases	
	Distance
Китай	0,00

Members of Cluster Number 4 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 8 cases	
	Distance
Японія	25795,73
Туреччина	7522,28
Великобританія	3884,39
Італія	4366,31
Франція	8836,71
Іспанія	5506,06
Швеція	13278,75
Норвегія	12208,87

Members of Cluster Number 5 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 18 cases	
	Distance
Індонезія	2567,38
Мексика	4327,49
Австралія	7385,90
Польща	5416,18
В'єтнам	10703,74
Тайланд	5060,01
Пакистан	1355,81
Аргентина	1556,00
Колумбія	4067,06
Чілі	2038,10
Румунія	4545,89
Австрія	4830,37
Перу	4846,29
Португалія	2733,78
Фінляндія	3287,34
Швейцарія	1519,26
Нова Зеландія	1382,70
Латвія	2014,47

Members of Cluster Number 6 (Untitled3 (B2:BU73)) and Distances from Respective Cluster Center Cluster contains 40 cases	
	Distance
Республіка Корея	6769,04
Саудівська Аравія	2209,04
ОАЕ	1456,62
Малазія	5562,14
Єгипет	3461,53
Казахстан	14233,00
Сінгапур	810,75
Нідерланди	5093,38
Україна	1919,97
Алжир	1107,31
Філіппіни	5786,69
Катар	2152,05
Бельгія	2744,61
Узбекистан	3122,30
Кувейт	2426,67
Бангладеш	2296,49
Туркменістан	2807,58
Чехія	1219,58
Оман	2792,92
Марокко	1050,34
Гонконг	2036,91
Ізраїль	2215,26
Греція	3013,32
Угорщина	1709,86
Болгарія	868,10
Еквадор	3738,03
Азербайджан	2053,69
Ірландія	1037,12
Словаччина	845,72
Данія	4358,73
Шрі-Ланка	1426,60
Естонія	2278,18
Тринідад і Тобаго	2781,98
Хорватія	1051,78
Литва	1982,95
Словенія	1125,29
Люксембург	2609,88
Кіпр	2647,69
Північна Македонія	2096,94
Ісландія	4492,81

Descriptive Statistics for Cluster 1 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 3 cases			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т	1888,4	2436,3	5,935663E+06
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %	26,7	8,9	7,992703E+01
Потужність ВДЕ, ГВт год	512084,0	109421,0	1,197296E+10
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %	28,9	17,8	3,168292E+02
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт	40621,3	47275,1	2,234934E+09
Якість повітря, РМ 2,5	8,2	2,4	5,763333E+00
Викиди вуглецю на душу населення, т	10,6	7,2	5,142070E+01

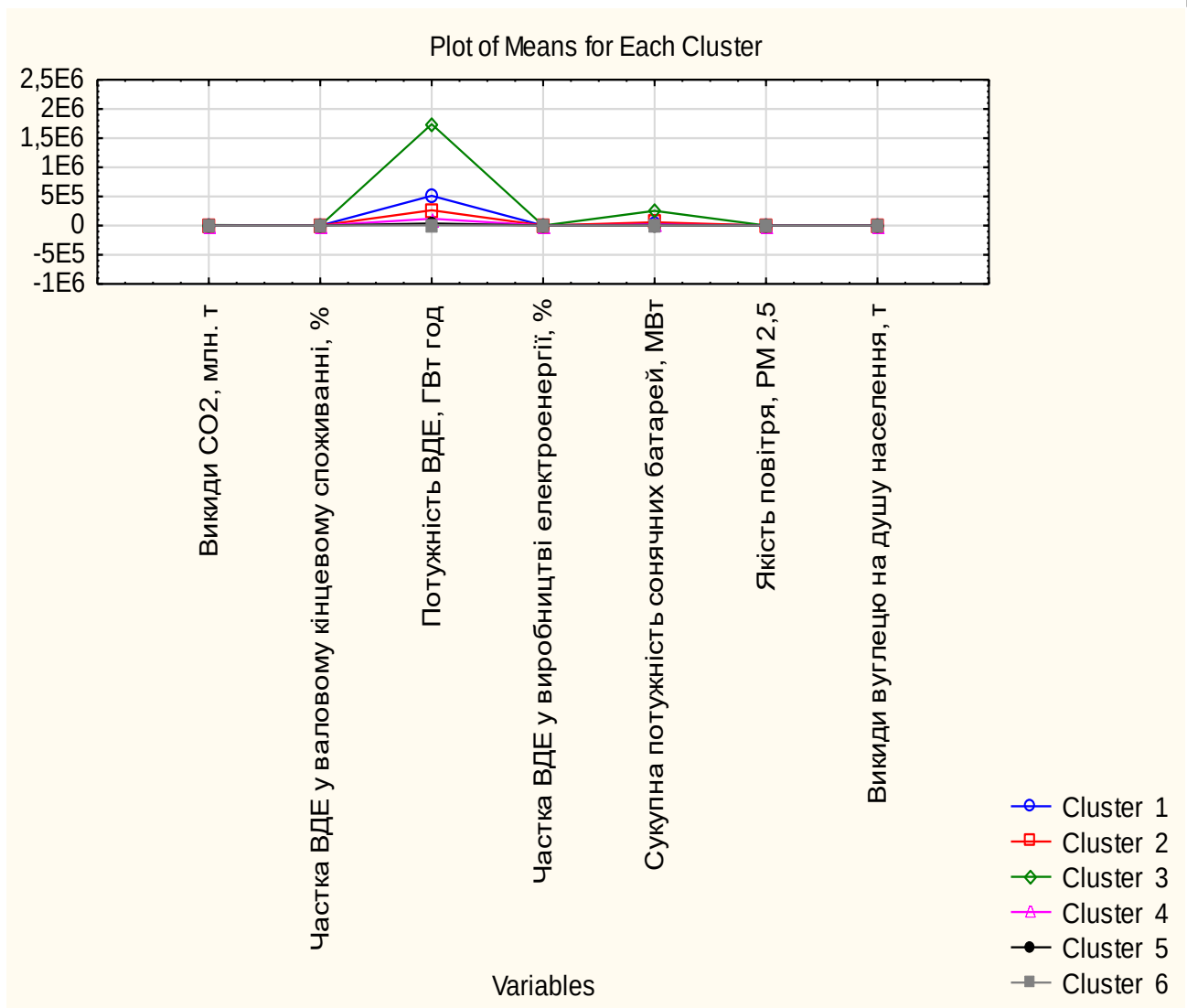
Descriptive Statistics for Cluster 2 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 2 cases			
Variable	Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т	1590,9	1360,40	1,850696E+06
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %	18,0	0,00	0,000000E-01
Потужність ВДЕ, ГВт год	263126,0	36085,07	1,302132E+09
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %	14,4	7,17	5,140980E+01
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт	57706,0	1067,73	1,140050E+06
Якість повітря, РМ 2,5	30,5	28,00	7,840800E+02
Викиди вуглецю на душу населення, т	5,0	4,31	1,860500E+01

		Descriptive Statistics for Cluster 3 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 1 cases		
Variable		Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т		10523	0,00	0,00
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %		13	0,00	0,00
Потужність ВДЕ, ГВт год		1739400	0,00	0,00
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %		15	0,00	0,00
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт		253400	0,00	0,00
Якість повітря, РМ 2,5		38	0,00	0,00
Викиди вуглецю на душу населення, т		8	0,00	0,00

		Descriptive Statistics for Cluster 4 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 8 cases		
Variable		Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т		337,3	318,79	101628
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %		27,9	17,80	317
Потужність ВДЕ, ГВт год		118920,0	25125,86	631308900
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %		27,8	21,58	466
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт		18826,3	23633,29	558532300
Якість повітря, РМ 2,5		11,6	6,54	43
Викиди вуглецю на душу населення, т		5,6	1,59	3

		Descriptive Statistics for Cluster 5 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 18 cases		
Variable		Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т		171,31	159,81	25540
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %		25,23	10,13	103
Потужність ВДЕ, ГВт год		38309,00	10660,52	113646800
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %		22,43	11,57	134
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт		4026,26	6165,34	38011360
Якість повітря, РМ 2,5		16,84	10,48	110
Викиди вуглецю на душу населення, т		4,81	3,30	11

Variable	Descriptive Statistics for Cluster 6 (Untitled3 (B2:BU73)) Cluster contains 40 cases		
	Mean	Standard Deviation	Variance
Викиди CO2, млн. т	109,943	132,917	17667
Частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні, %	13,149	15,555	242
Потужність ВДЕ, ГВт год	6924,500	6800,742	46250090
Частка ВДЕ у виробництві електроенергії, %	11,895	15,170	230
Сукупна потужність сонячних батарей, МВт	2688,555	7055,570	49781070
Якість повітря, РМ 2,5	22,780	16,402	269
Викиди вуглецю на душу населення, т	8,560	7,305	53



ДОДАТОК М

**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу Китаю**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	4550	18,62	12,26	0,70	2213	0,02
2011	5614	16,76	11,34	2,61	2220	0,06
2012	6300	19,97	11,53	3,59	2780	0,07
2013	7020	20,30	11,45	8,37	3033	0,15
2014	7636	22,61	11,94	23,51	3552	0,41
2015	8016	23,93	12,18	39,48	3806	0,68
2016	8094	24,81	12,56	66,53	4137	1,09
2017	8817	26,08	13,13	117,8	4505	1,80
2018	9905	27,35	13,71	176,9	4941	2,48
2019	10143	28,62	14,45	224	5403	3,00
2020	10408	29,89	15,03	261,1	5839	3,38
2021	12556	31,16	15,65	327	6545	3,85

Джерело: побудовано авторкою.

**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу Німеччини**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	41572	16,73	11,61	11,73	338	1,88
2011	46706	20,38	12,54	19,60	392	3,24
2012	43855	23,00	13,64	26,38	448	4,25
2013	46299	24,07	13,63	31,01	467	4,91
2014	48023	26,13	14,02	36,06	492	5,82
2015	41103	29,23	14,55	38,73	560	6,05
2016	42136	30,80	14,24	38,10	561	5,93
2017	44652	32,87	15,22	39,40	630	6,10
2018	47939	34,95	16,12	43,46	648	6,87
2019	46793	37,02	17,17	44,38	694	7,40
2020	46772	39,10	17,36	49,50	725	8,73
2021	51203	41,17	17,98	49,34	683	8,47

Джерело: побудовано авторкою.

**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу США**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	48650	10,12	7,44	1,21	1516	0,03
2011	50065	12,23	8,36	1,82	1774	0,04
2012	51784	12,01	8,73	4,33	1725	0,11
2013	53291	12,64	9,08	9,04	1836	0,22
2014	55123	12,98	9,22	28,92	1888	0,71
2015	56762	13,23	9,03	39,03	1923	0,96
2016	57866	14,82	9,46	54,87	2131	1,34
2017	59907	16,84	9,92	77,28	2345	1,91
2018	62823	16,76	10,12	93,36	2399	2,22
2019	65120	17,55	10,42	106,89	2475	2,57
2020	63530	19,52	10,75	130,72	2590	3,23
2021	70248	20,10	11,06	164,42	2752	3,96

Джерело: побудовано авторкою.

**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу Японії**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	44968	10,53	4,66	3,54	3,54	0,33
2011	48760	11,46	4,82	4,84	4,84	0,46
2012	49145	11,19	4,68	6,61	6,61	0,63
2013	40898	12,21	5,05	12,88	12,88	1,25
2014	38475	14,06	5,58	22,95	22,95	2,23
2015	34960	15,98	6,16	34,80	34,80	3,46
2016	39375	16,18	6,39	45,76	45,76	4,55
2017	38834	17,21	6,92	55,07	55,07	5,46
2018	39727	18,24	7,22	62,67	62,67	6,19
2019	40458	19,27	7,69	69,38	69,38	6,99
2020	39918	20,30	8,05	79,09	79,09	8,20
2021	39312	22,30	8,43	88,70	88,7	9,25

Джерело: побудовано авторкою.

**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу Австрії**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	46903	66,24	31,15	0,09	133	0,13
2011	51442	65,69	31,64	0,17	121	0,27
2012	48564	74,70	34,38	0,34	149	0,49
2013	50731	78,17	34,59	0,63	145	0,98
2014	51786	81,45	35,67	0,79	145	1,28
2015	44195	76,91	35,8	0,94	138	1,52
2016	45307	78,26	34,64	1,10	146	1,69
2017	47429	75,70	33,98	1,27	144	1,88
2018	51466	76,96	34,11	1,46	141	2,24
2019	50070	77,10	33,77	1,70	152	2,40
2020	48809	80,08	33,43	2,04	153	2,95
2021	53637	78,79	35,21	2,78	154	4,15

Джерело: побудовано авторкою.

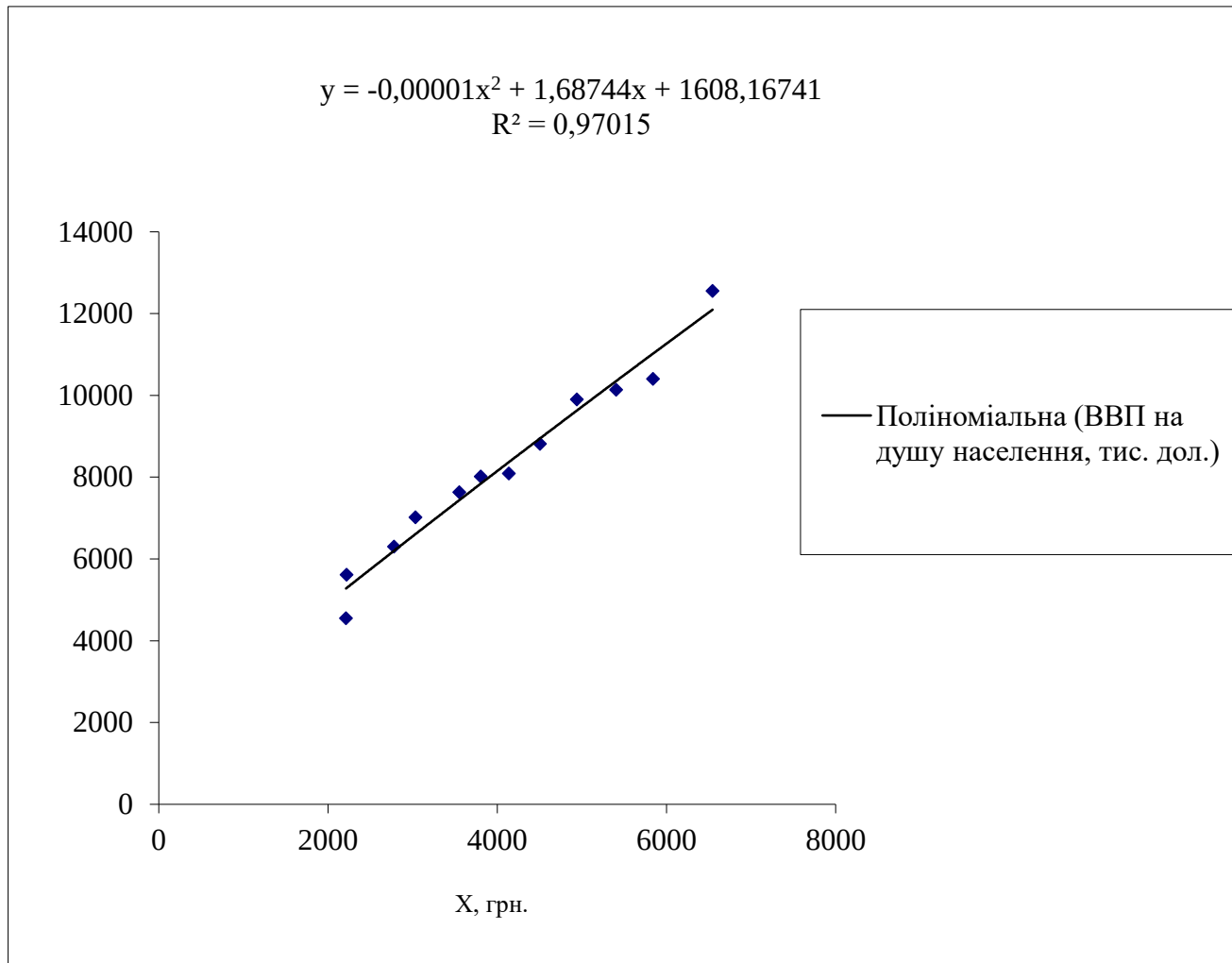
**Вихідні дані для побудови багатфакторної та двофакторної залежності
впливу відновлювальної енергетики на ВВП на особу Чехії**

Рік	ВВП на особу, дол. США (Y)	Виробництво відновлюваної електроенергії, % загального виробництва електроенергії (X₁)	Споживання відновлювальної енергії, % від загального кінцевого споживання (X₂)	Виробництво сонячної енергії, ТВт год (X₃)	Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел, ТВт год (X₄)	Частка електроенергії, отриманої від сонячної генерації, % (X₅)
2010	19960	6,92	10,95	0,09	17	0,73
2011	21871	8,35	12,16	0,62	21	2,52
2012	19870	9,30	12,80	2,18	24	2,48
2013	20133	10,82	13,95	2,03	27	2,36
2014	19890	10,78	14,85	2,12	27	2,49
2015	17830	11,40	14,84	2,26	28	2,74
2016	18575	12,14	14,77	2,13	28	2,60
2017	20636	12,766	14,46	2,20	28	2,56
2018	23424	13,392	14,72	2,36	28	2,72
2019	23665	14,018	15,85	2,36	29	2,73
2020	22992	14,644	16,36	2,38	30	2,92
2021	26820	15,27	16,80	2,32	30	2,77

Джерело: побудовано авторкою.

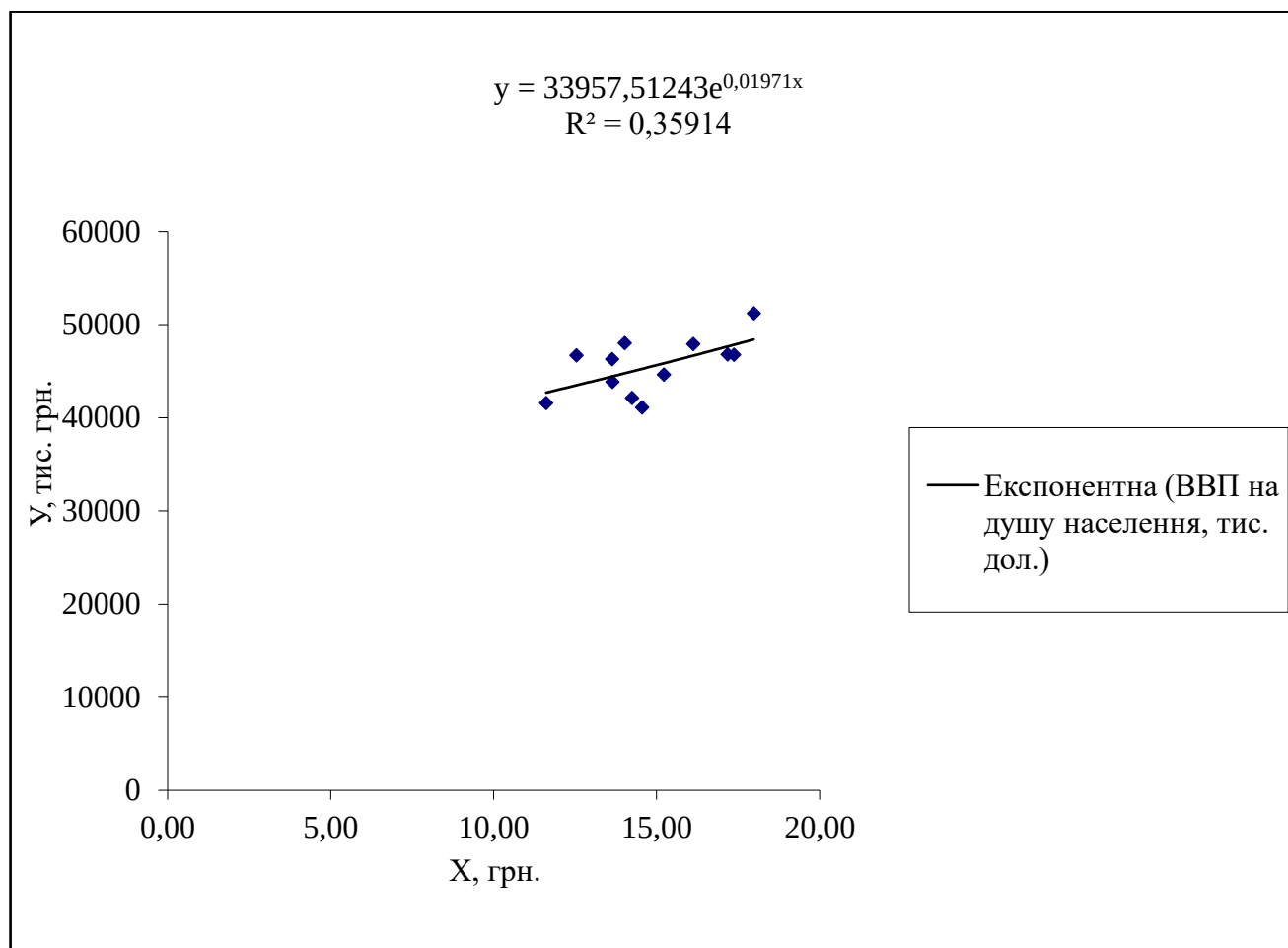
ДОДАТОК Н

**Графічне представлення впливу окремих факторів на ВВП країн на
особу за окремими країнами у розрізі найбільш вагомих незалежних
показників**



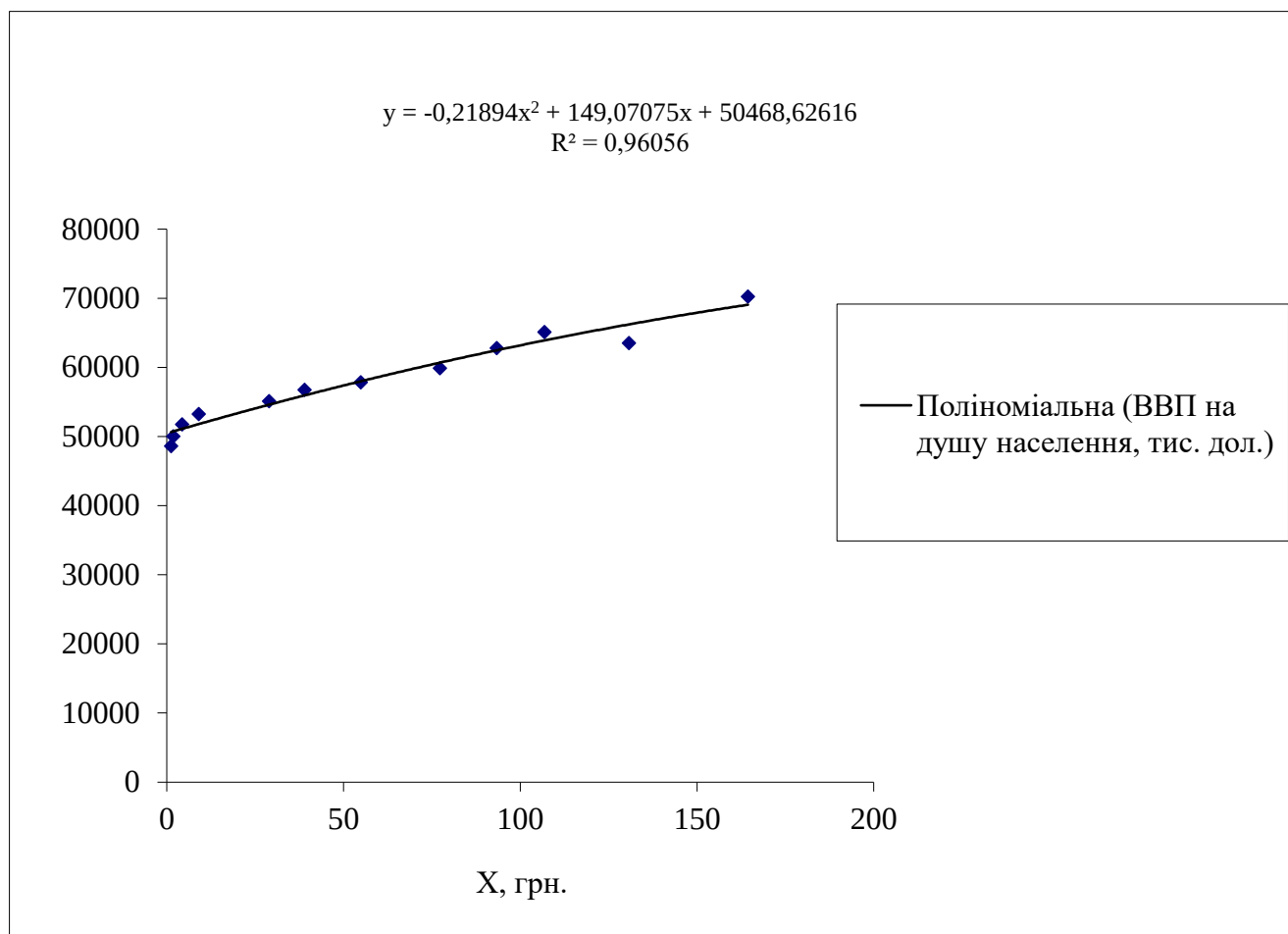
Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в Китаї від фактору «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)»

Джерело: побудовано авторкою.



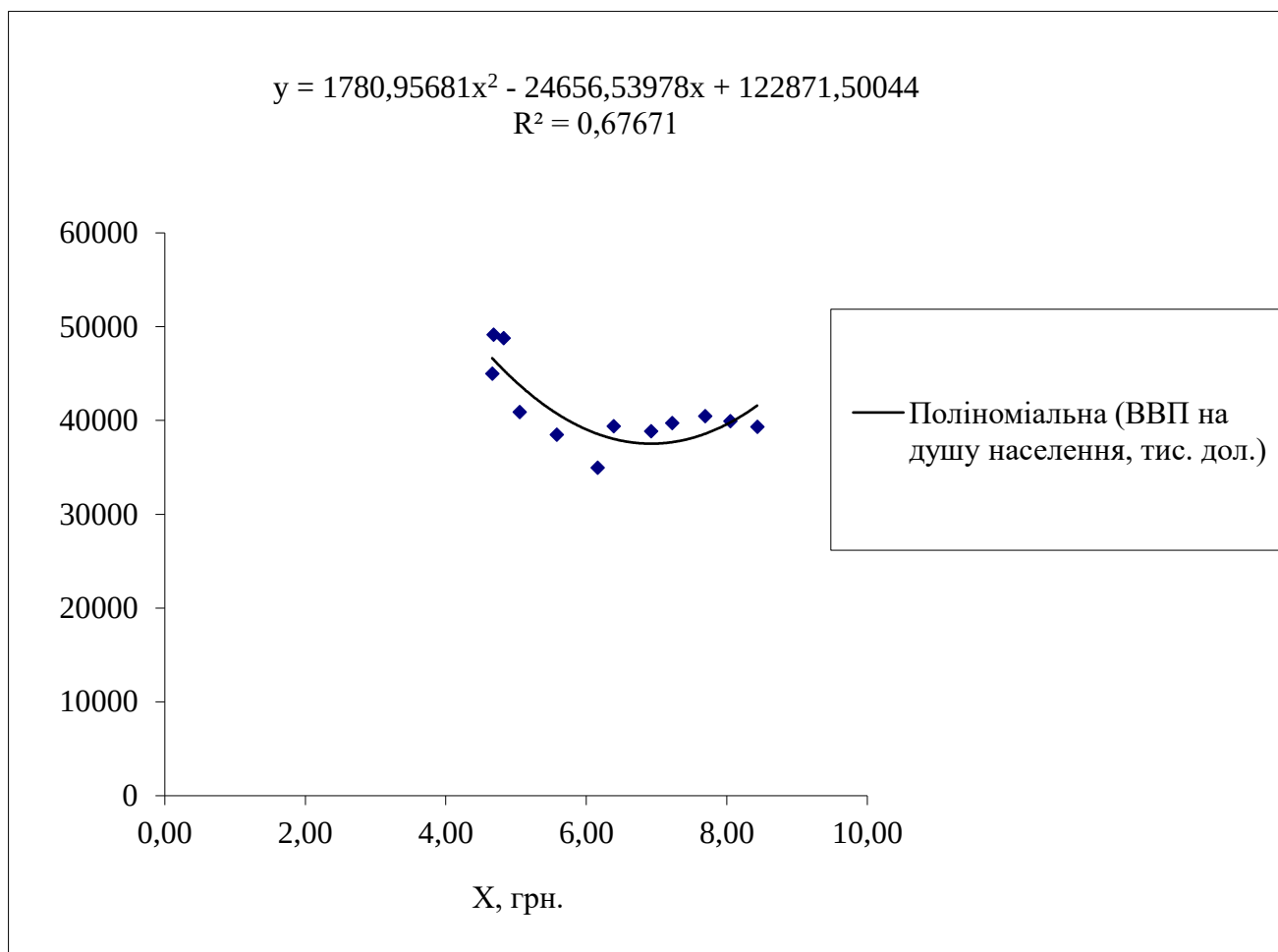
Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в Німеччині від фактору «Споживання відновлювальної енергії (% від загального кінцевого споживання)»

Джерело: побудовано авторкою.



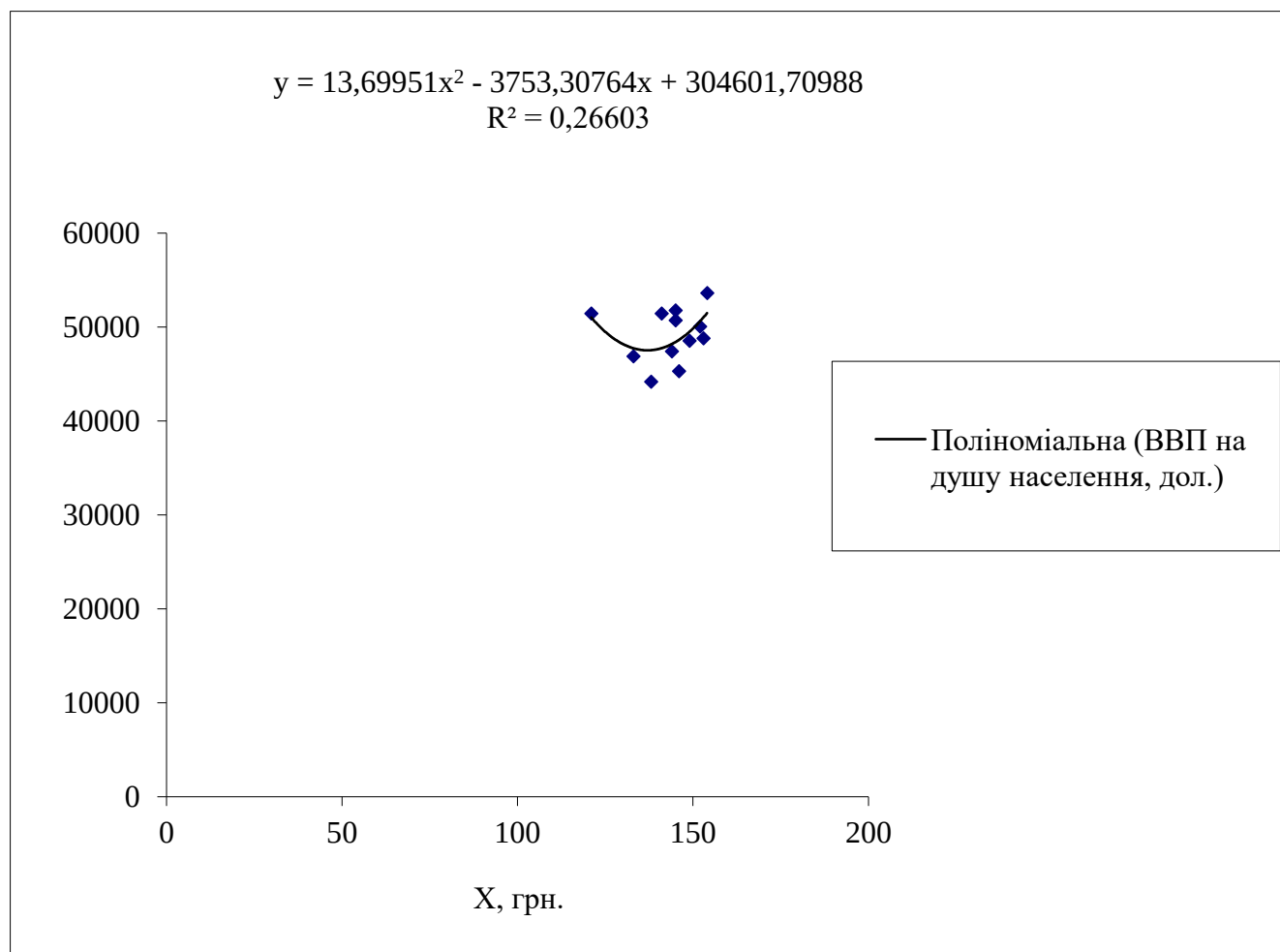
Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в США від фактору «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)»

Джерело: побудовано авторкою.



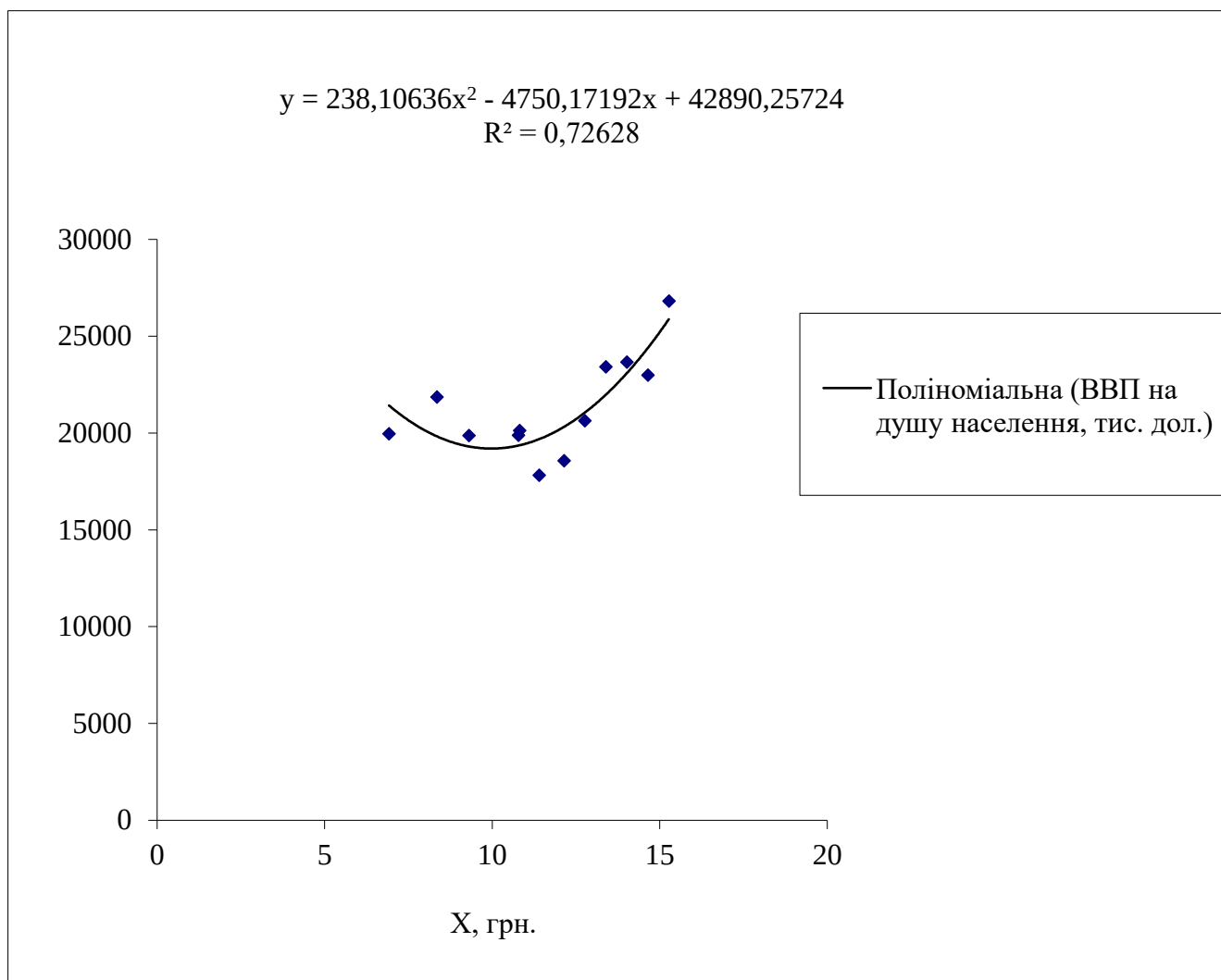
Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в Японії від фактору «Споживання відновлювальної енергії (% від загального кінцевого споживання)»

Джерело: побудовано авторкою.



Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в Австрії від фактору «Споживання первинної енергії з відновлювальних джерел (ТВт год)»

Джерело: побудовано авторкою.



Графічне представлення лінії тренду залежності ВВП на особу в Чехії від фактору «Виробництво відновлюваної електроенергії (% загального виробництва електроенергії)»

Джерело: побудовано авторкою.

ДОДАТОК П

**Основні податково-бюджетні інструменти стимулювання інвестицій у
зелену енергетику, застосовувані державами-членами Європейського Союзу**

Країна	Цілі розвитку зеленої енергетики	Податкові пільги				Державне фінансування	
		Фінансові субсидії, гранти та знижки	Інвестиційні та виробничі податкові пільги	Зменшення ПДВ, податків з продажів, податок на викиди CO ₂ та ін.	Пільгові платежі за одиницю виробленої зеленої енергії	Державні інвестиції, кредити, гранти	Відкриті конкурентні торги і тендери
Австрія	●	●	●			●	
Бельгія	●	●	●	●			●
Болгарія	●					●	
Великобританія	●	●		●	●	●	
Угорщина	●	●		●		●	
Німеччина	●	●	●	●		●	
Греція	●	●	●	●		●	
Данія	●	●	●	●		●	●
Ірландія	●						●
Іспанія	●	●	●		●		
Італія	●	●	R	●		●	●
Кіпр	●	●					●
Латвія	●			●			●
Литва	●					●	
Люксембург	●	●					
Мальта	●	●		●			
Нідерланди	●	●	●	●	●	●	
Польща	●			●		●	
Португалія	●	●	●	●		●	●
Румунія	●					R	
Словаччина	●			●			
Словенія	●	●	●	●		R	●
Фінляндія	●	●		●	●		
Франція	R	●	●	●		●	●
Хорватія	●						
Чехія	●	●	●	●		R	
Швеція	●	●	●	●		●	
Естонія	●				●	●	

● - чинні інструменти; R – інструменти, які переглядаються

Джерело: побудовано авторкою за даними [48, с. 59].

ДОДАТОК Р

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У зарубіжних виданнях:

1. Dombrovska T., Sadchenko O., Obykhod H., Yaroshenko I., Levkovska L., Deineha O. Management of the Economy in the Field of Environmental Management and Energy Security as Components of Sustainable Development. *Journal of Sustainability Research*. 2022. Vol. 4 (2). URL: https://sustainability.hapres.com/Upload/PdfFile/JSR_1481.pdf (0,6 д.а., особисто авторці належить 0,2 д. а.: обґрунтування стратегічних напрямів забезпечення енергетичної безпеки країн).

2. Домбровська Т. М. Мегатренди енергетичних трансформацій у глобальній парадигмі сталого розвитку. *Colloquium-journal*. 2022. №18 (141). С. 69-71. URL: <https://colloquium-journal.org/wp-content/uploads/2022/07/Colloquium-journal-2022-141-1.pdf> (0,4 д. а.).

3. Dombrovska T., Oten S., Kalmanbetova G., Bielialov T., Konokhov S., Visyn O. Economic Aspects of Ensuring Labor Safety in the Global Labor Market. *Economic Affairs*. 2023. Vol. 68. No. 01s. P. 309-317. URL: <https://ndpublisher.in/admin/issues/EAv68n1sz7.pdf> (0,6 д.а., особисто авторці належить 0,2 д. а.: конкретизація дестабілізуючих чинників безпеки праці в енергетиці).

У наукових фахових виданнях України:

4. Домбровська Т. М. Теоретико-методологічні засади парадигми сталого розвитку: енергетичний компонент. *Причорноморські економічні студії*. 2021. Випуск 72. С. 18-21. URL: http://bses.in.ua/journals/2021/72_1_2021/5.pdf (0,6 д. а.).

5. Домбровська Т. М. Стала енергетична модель глобальної економіки: концептуальний формат. *Управління змінами та інновації*. 2022. №3. С. 55-60. URL: <http://cmi.politehnica.zp.ua/index.php/journal/article/view/47/43> (0,7 д. а.).

6. Домбровська Т. М. Секторальні тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору. *Економіка та суспільство*. 2023. Випуск 50. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2382/2303> (0,8 д. а.).

7. Домбровська Т. М. Моделювання глобального енергоспоживання у контексті урахування пріоритетні ролі зеленої енергетики. *Бізнес навігатор*. 2023. Випуск 2 (72). С. 14-18. URL: http://business-navigator.ks.ua/journals/2023/72_2023/4.pdf (0,7 д. а.).

8. Домбровська Т. М. Перспективи відновлення енергетичного сектору України на засадах сталого розвитку. *Східна Європа*. 2023. №2 (39). С. 3-9. URL: http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/39_2023/3.pdf (0,8 д. а.).

9. Домбровська Т. М. Глобальні енергетичні трансформації: економічний інструментарій. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2023. №3 (92). С. 7-13. URL: http://www.psae-jrnl.nau.in.ua/journal/3_92_2023_ukr/3.pdf (0,7 д. а.).

10. Домбровська Т. М. Конвергенція глобальної енергетичної безпеки: принципи і стратегічні пріоритети. *Управління змінами та інновації*. 2023. №7. С. 96-102. URL: <http://cmi.politehnica.zp.ua/index.php/journal/article/view/> (0,8 д. а.).

В інших виданнях:

11. Домбровська Т. М. Енергетичні кризи – рушійна сила трансформації енергетичної і екологічної безпеки. *Шістдесят четверті економіко-правові дискусії: матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м.Львів, 27-28 квітня 2022 р.). Львів, 2022. С. 18-21 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

12. Домбровська Т. М. Модель світового енергозабезпечення: парадигма сталого розвитку. *Актуальні питання економіки, обліку, фінансів і права: теорія і практика: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції* (м. Полтава, 4 червня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. С. 35-37 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

13. Домбровська Т. М. Функціонування глобального енергетичного сектору в форматі зростання цифрових рішень. *Шевченківська весна – 2023: публічне управління та державна служба: матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених* (м. Київ, 29 березня 2023 р.). С. 249-250 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

14. Домбровська Т. М. Енергетичні інновації у контексті системи сучасних виробничих технологій. *Глобалізаційні виклики: урядування майбутнього*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 26-27 квітня 2023 р.). С. 107-108 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

15. Dombrovska T., Galenko P. The influence of IT technologies on the development of the world economy. *Sustainable Development: Modern Theories and Best Practices: Materials of the Monthly International Scientific and Practical Conference* (September 30 – October 1, 2022) / Gen. Edit. Ihor Halytsia, Agnieszka Knap-Stefaniuk, Tallinn: Teadmus OÜ, 2022. P. 21-22 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

16. Домбровська Т. М. Масштабна урбанізація як тренд сучасної енергетичної трансформації. *Modern problems of science, education and society*: збірник матеріалів VI міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 14-16 серпня 2023 р.). С. 454-456 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

17. Домбровська Т. М. Механізм врегулювання наслідків російської агресії на енергетичну систему України. *Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates*: збірник матеріалів V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 3 серпня 2023 р. – 4 березня 2024 р.). С. 192-194 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

18. Домбровська Т. М. Генезис прикладних механізмів державного стимулювання енергетичних трансформацій. *Actual problems of science, education and technologies*: збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції (м. Братислава, 25 липня 2023 р.). С. 50-52 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

19. Домбровська Т. М. Методи і принципи забезпечення глобальної енергетичної безпеки: практичні аспекти. *Global Society in Formation of New Security System and World Order*: матеріали II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 27-28 липня 2023 р.). Дніпро. С. 149-150 (0,1 д. а.) (форма участі – дистанційна).

**Товариство з обмеженою відповідальністю
«БРІТІШ ЕНЕРДЖИ ГРУП»**

До спеціалізованої вченої ради
Київського національного
економічного університету
імені Вадима Гетьмана

N491 В.г 28.02.2023

**ДОВІДКА
ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ
результатів дисертаційної роботи
Домбровської Тетяни Миколаївни на тему:
«Енергетична трансформація
у глобальній парадигмі сталого розвитку»**

Товариство з обмеженою відповідальністю «Брітіш Енерджи Груп» розглянуло висновки і рекомендації дисертаційної роботи «**Енергетична трансформація у глобальній парадигмі сталого розвитку**» Домбровської Тетяни Миколаївни, викладені нею у доповідній записці до товариства. Відзначено, що вони представляють значний практичний інтерес для вітчизняних компаній енергетичного сектору в частині:

- обґрунтування механізмів діджиталізації господарської діяльності компаній нафтогазового сектору на основі впровадження бізнес-моделей «цифровий upstream», «цифрове родовище» та «цифровий downstream»;
- узагальнення інструментарію реалізації глобальними гравцями нафтогазового сектору масштабних програм і проєктів розумного виробництва у форматі бізнес-моделей розумних свердловин, розумних родовищ та родовищ майбутнього;
- розкриття механізмів розбудови нафтогазовими компаніями альянських форматів стратегічного партнерства з високотехнологічними корпораціями та формування екосистем взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих одна одну бізнес-моделей, об'єднаних на спільних цифрових платформах, здатних забезпечити глибоке «вбудовування» проривних діджитал-технологій у роботу енергетичного сектору та оперативне переключення енергокомпаній на гібридні й комбіновані інструменти торгівлі енергетичними продуктами з метою максимально повного задоволення енергопотреб своїх споживачів.

**Директор
ТОВ «БРІТІШ ЕНЕРДЖИ ГРУП»**



Найдюнов Є.В.



МИКОЛАЇВСЬКА МІСЬКА РАДА
ВИКОНАВЧИЙ КОМІТЕТ

вул. Адміральська, 20, м. Миколаїв, 54001, тел./факс: (0512) 37-10-99,
тел.: (0512) 37-45-23, e-mail: kancel@mkrada.gov.ua, сайт: www.mkrada.gov.ua,
код згідно з ЄДРПОУ 04056612

від _____ 20__ р. № _____ На № _____ від _____ 20__ р.

До спеціалізованої вченої ради
Київського національного
економічного університету
імені Вадима Гетьмана

Про впровадження результатів
дисертаційної роботи
Домбровської Тетяни Миколаївни

ДОВІДКА

Видана Домбровській Тетяні Миколаївні про те, що результати її дисертаційного дослідження на тему: «Енергетична трансформація у глобальній парадигмі сталого розвитку» були використані Департаментом економічного розвитку та регіональної політики Миколаївської обласної державної адміністрації у поточній роботі. Вони були викладені дисертанткою у Доповідній записці і стосувалися:

- узагальнення світового досвіду щодо транскордонного використання технологій Vehicle-to-Grid, розбудови децентралізованих енергетичних систем та включення у загальні мережі значних обсягів згенерованої зеленої електроенергії;
- конкретизації механізмів розбудови децентралізованих енергетичних систем у форматі багаторівневої архітектури учасників енергоринку (у складі продуцентів енергії, операторів розподільчих мереж, трейдерів, операторів

ДОКУМЕНТ СЕД АСКОД



Сертифікат 248197DDFAB977E504000000C227C600900A3804
Підписувач ЛУКОВ ВІТАЛІЙ ДМИТРОВИЧ
Дійсний з 23.06.2023 16:05:07 по 22.06.2024 23:59:59

Виконавчі органи Миколаївської міської ради



№ 3097/02.02.01-22/02/14/23 від 08.08.2023

взаєморозрахунків на оптовому ринку і споживачів) та формування систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні;

- ідентифікації інструментів балансового інвестування комунальних підприємств та енергетичних компаній без права регресу через компанії спеціального призначення;
- розкриття механізмів участі енергетичних компаній у генеруванні та транскордонному трансфері зелених енергетичних інновацій, а також включення екоінноваційних енергокомпаній до глобальних науково-дослідних мереж.

Перший заступник міського голови

В. ЛУКОВ

ДОКУМЕНТ СЕД АСКОД

Виконавчі органи Миколаївської міської ради



Сертифікат 248197DDFAB977E504000000C227C600900A3804
 Підписувач ЛУКОВ ВІТАЛІЙ ДМИТРОВИЧ
 Дійсний з 23.06.2023 16:05:07 по 22.06.2024 23:59:59



№ 3097/02.02.01-22/02/14/23 від 08.08.2023

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана



А. М. Колот
2023 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана



Л. Г. Антонюк
2023 р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи

Домбровської Тетяни Миколаївни на тему:

«Енергетична трансформація у глобальній парадигмі сталого розвитку»

у навчальний процес у Київському національному економічному університеті імені Вадима Гетьмана

Деканат факультету міжнародної економіки і менеджменту Київського національного економічного університету імені Вадима Гетьмана підтверджує, що низка наукових положень і висновків дисертаційної роботи Домбровської Тетяни Миколаївни використовується у навчальному процесі при викладанні нормативних та спеціальних дисциплін для бакалаврів і магістрів з міжнародної економіки:

- **Міжнародна економіка** (розкриття сутності та енергетичного виміру парадигми сталого розвитку; обґрунтування об'єктивної природи і рушійних сил еволюції енергетичних трансформацій; комплексна характеристика теоретико-методологічного формату сталої енергетичної моделі глобальної економіки).

- **Міжнародна безпека** (узагальнення діючих у міжнародній практиці економічних механізмів мотивації глобальних енергетичних трансформацій; обґрунтування принципів, стратегічних пріоритетів й інструментів забезпечення глобальної енергетичної безпеки);

- **Європейська інтеграція** (узагальнення національних стратегій «озеленення» енергетичного комплексу держав-членів Європейського Союзу; оцінка ефективності реалізовуваних європейськими державами податково-бюджетних, тарифно-цінових та фінансових механізмів переведення регіонального енергосектору на модель сталого розвитку).

- **Міжнародний менеджмент** (обґрунтування конкурентних переваг діджитал орієнтованих компаній і фірм нафтогазового сектору; панорамна характеристика процесів діджиталізації фінансово-господарської діяльності нафтогазових корпорацій; розкриття діджитал-інструментів трансформації корпоративних стратегій і бізнес-моделей енергетичних компаній).

Декан факультету МЕіМ,
к.е.н., доцент

Ю. М. Солодковський