

УДК 339.92

DOI: <https://doi.org/10.32782/СМІ/2022-3-10>**Домбровська Т.М.**аспірант кафедри Міжнародного обліку та аудиту,
ДВНЗ «Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана»

СТАЛА ЕНЕРГЕТИЧНА МОДЕЛЬ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ: КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ФОРМАТ

Динамічна розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі базується на низці драйверів. У науковій літературі вони кваліфікуються влучною назвою 3D: декарбонізація, децентралізація і діджиталізація. До них ми додаємо ще одну групу, яку кваліфікуємо як 2E – енергоефективність й енергоощадність. Важливим, у контексті розуміння економічної природи декарбонізації енергетики, є застосування техніко-технологічних критеріїв до класифікаційної ідентифікації видів відновлювальної енергетики. Досягнення сталої енергетичної моделі глобальної економіки лежить у площині 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.

Ключові слова: енергетична модель, енергетичний сектор, глобалізація, декарбонізація, децентралізація, діджиталізація.

Dombrovska Tetiana

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

BECOME AN ENERGY MODEL OF THE GLOBAL ECONOMY: CONCEPTUAL FORMAT

In the first quarter of the XXI century. We are all witnessing the transition of world energy to a qualitatively new stage of qualitative changes in the format of energy transformation Energy 4.0, based on a sustainable energy model of the global economy. As a result, the world community is growing aware of the threatening effects of climate change and the desire of many countries to ensure national energy security, which has become a powerful driver of limiting the role of fossil fuels in the global production system. Dynamic development in the global coordinates of a sustainable energy model is based on a number of drivers. In the scientific literature, they are qualified by a very accurate name 3D: decarbonization, decentralization and digitalization. To these we add another group of drivers, which we qualify as 2E - energy efficiency and energy conservation. Important, in the context of understanding the economic nature of energy decarbonization, is the application of technical and technological criteria to the classification identification of renewable energy. It is no coincidence that many countries around the world have been actively increasing the share of renewable energy resources in electricity production in recent years. In particular, in Paraguay 99% of electricity is generated by hydropower, in Norway this figure is 97%, in Costa Rica – 93%; and China and the United States currently have the largest capacity for wind and photovoltaic generation. Thus, the most common approaches distinguish three groups of renewable energy: energy aimed at regulating energy production; energy focused on disposing of unused energy; as well as energy, which involves the accumulation of energy. The sustainable energy model of the global economy is based on decarbonized digital energy, which is the basis for building decentralized channels of production and consumption of energy products, providing ample opportunities for multilevel economic entities to generate electricity and sell it on the market. Achieving this strategic goal lies in the comprehensive subordination of economic interests of business and business to the environmental interests of survival of human civilization by limiting the quantitative parameters of economic progress and implementation in the world economy of complex mechanisms of its conflict-free functioning within natural ecosystems.

Keywords: energy model, energy sector, globalization, decarbonization, decentralization, digitalization.

Постановка проблеми. 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 інновацізацією 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. 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, засвідчує, що проблемі сучасної енергетичної трансформації приділено багато праць, як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, як то: Солангі К., Ісламб М., Рахімб Н., Делла Р., Ренд Д., Машненко К., Кузнєцова Г. та багато інших. При цьому ними не було визначено Концептуальний формат сталої енергетичної моделі глобальної економіки.

Тож, метою статті є виділення сталої енергетичної моделі глобальної економіки.

Виклад основного матеріалу. Динамічна розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі базується на цілій низці драйверів. У науковій літературі вони кваліфікуються дуже влучною

назвою 3D: декарбонізація, децентралізація і діджиталізація [1, с. 483]. До них ми додаємо ще одну групу драйверів, яку кваліфікуємо як 2E – енергоефективність й енергоощадність. 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, появи на ньому нових гравців, новій регіональній структуризації ринку та фундаментальній зміні правил функціонування його традиційних учасників.

Не випадково, багато країн світу в останні роки активно нарощують частку відновлювальних енергетичних ресурсів у виробництві електроенергії. Так, у Парагваї 99% електроенергії виробляється за рахунок гідроенергетики, у Норвегії – 97%, у Коста-Ріці – 93% [2, с. 63]; а Китай і США володіють найбільшими потужностями вітрового й фотоелектричного генерування.

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 [3, с. 134] 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-вимогової 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.

Своєю чергою, капіталізація глобального ринку відновлювальної енергетики вже у 2017 р. досягла 928 млрд дол. США з перспективним трендом зростання до понад 1,5 трлн дол. на період до 2025 р. За оцінками ж авторитетних міжнародних експертів, на період до 2050 р. за рахунок паливної енергосировини у світі вироблятиметься не більше 29% електро-

енергії 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 [4, с. 7], що відкриває величезні перспективи розвитку даних видів електрогенерації.

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 [5; 6]; по-третє, із забезпеченням секторів, які важко піддаються декарбонізації (насамперед промисловості та транспорту), ефективними електрогенеруючими технологіями високого рівня інноваційності та доступного рівня цін.

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.

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 мережевих 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.

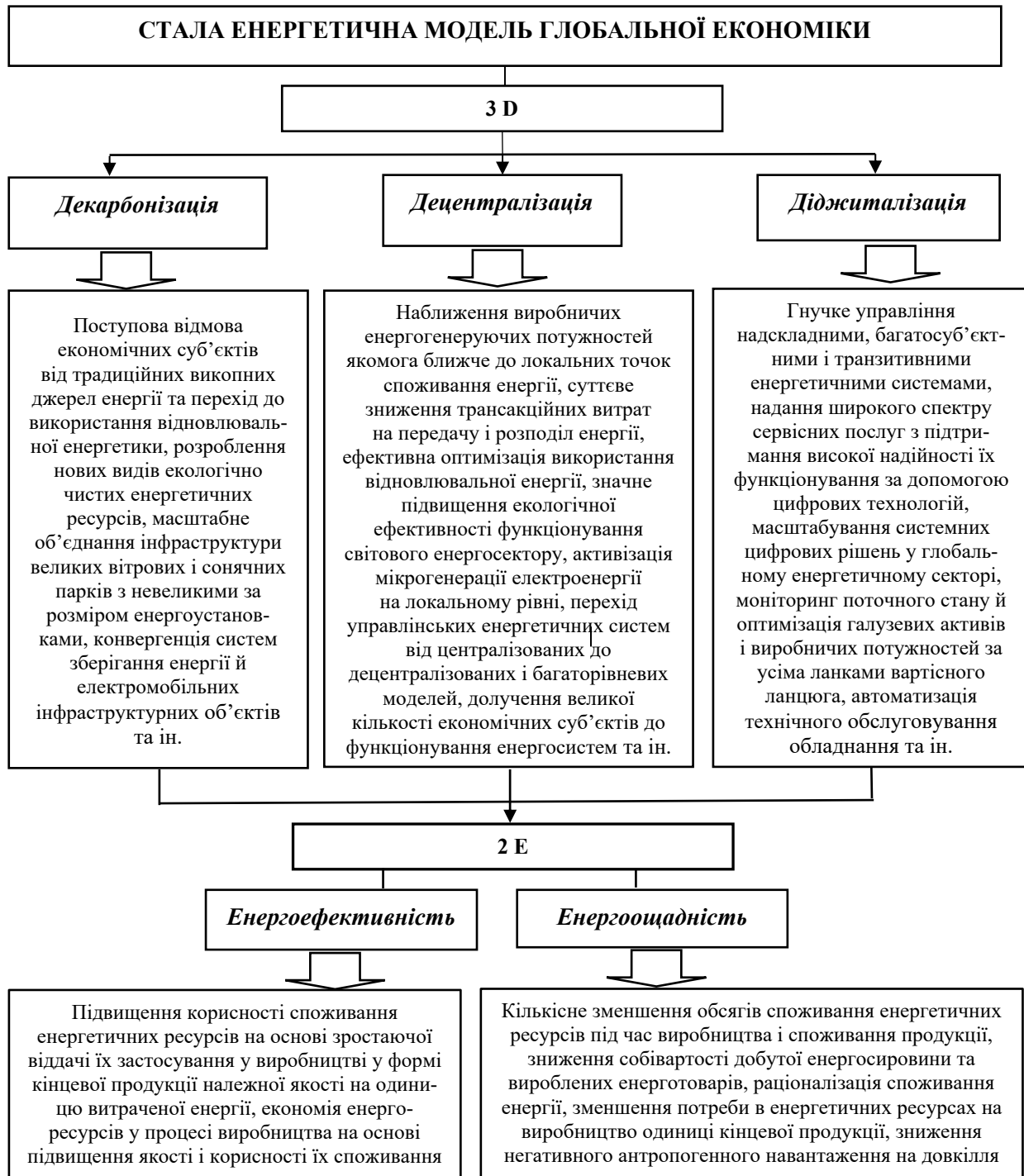


Рис. 1. Концептуальний формат сталої енергетичної моделі глобальної економіки

Джерело: складено автором

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. У міру розвитку енергетичних технологій і дедалі більшого заміщення традиційних енергетичних джерел відновлюваними відбувається перехід управлінських енергетичних систем від переважно централізованих до децентралізованих і багато-

рівневих 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 інклю-

живності, технологічної спроможності, узгодженості й адаптивності світової енергосистеми [8, с. 17].

Характеризуючи теоретико-методологічний формат сталого енергетичного моделі глобальної економіки, не можемо оминати увагою системні процеси діджиталізації світового енергетичного сектору. Як свідчить світовий досвід, вони дають змогу забезпечити гнучке управління надскладними, багато суб'єктивними і транзитивними енергетичними системами, а також надання широкого спектру сервісних послуг з підтримання високої надійності їх функціонування за допомогою цифрових технологій. Їх широке впровадження у функціонування енергетики обумовлено, на нашу думку, синергетичною дією чотирьох груп ключових імперативів, а саме: 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.

Принагідно особливо відзначити, що зазначені імперативи спричиняють кардинальну зміну підходів до енергозабезпечення 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. Вже сьогодні капіталізація глобального ринку цифрових технологій в енергетиці оцінюється на рівні 54 млрд дол. США з перспективним трендом її зростання до 64 млрд на період до 2025 р. При цьому лівова частка капіталізації припадає на сег-

менти «розумних» електролічильників (38,9% сукупної капіталізації у 2020 р.) та експлуатації й обслуговування теплоелектростанцій (35,2% відповідно). Подібна структура свідчить про пріоритетну орієнтацію світового енергетичного сектору на системну інтелектуалізацію діючих систем енергообліку в електроенергетиці і теплопостачанні та транснаціоналізацію національних і регіональних енергосервісних систем.

Маємо зазначити, що у нафтогазовому секторі діджитал-технології забезпечують ефективний моніторинг поточного стану й оптимізацію галузевих активів та виробничих потужностей за усіма ланками вартісного ланцюга – від видобування паливної сировини до реалізації готових енергетичних товарів кінцевих споживачам. У секторі добування енергетичної сировини діджиталізація здатна забезпечити суттєвий приріст сукупного обсягу видобутої енергосировини, насамперед нетрадиційних і важкодоступних видів нафти і сланцевого газу. Попри те, що діджиталізація світового нафтогазового сектору відбувається нині на тлі стрімкої вичерпаності експлуатованих і зростаючої трудомісткості розробки нових родовищ, волатильності цінової кон'юнктури ринку і посилення державного регулювання галузі, системна автоматизація процесів транспортування і збуту енергоресурсів, а також докорінна трансформація корпоративних стратегій і бізнес-процесів роблять вагомий внесок в оптимізацію діючих бізнес-процесів, суттєво знижуючи при цьому транзакційні витрати на освоєння й обслуговування нафтогазових свердловин. Звернімося 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%.

Своєю чергою, у вугільній галузі широке впровадження діджитал-технологій дає змогу суттєво поліпшити систему геологічного моделювання, автоматизувати процеси технічного обслуговування обладнання, ефективно попереджувати щонайменші збої й аварійні ситуації у виробничому процесі, знизити рівень небезпеки виробничих травмувань й інвалідизації, а також структурно оптимізувати виробничий процес – від видобутку вугілля до його поставок кінцевим споживачам. Не випадково, одним з найбільш пріоритетних напрямів діджиталізації світової вугільної галузі є на сьогодні широке розгортання систем інтелектуальних родовищ, відслідковування й облік вуглецевого «сліду», а також впровадження комплексів автоматизованих й автономних систем на кшталт «безлюдних кар'єрів».

Однак, зазначені галузево-секторальні переваги діджиталізації світового енергетичного сектору не можуть зрівнятися з конкурентними перевагами, що їх отримує електроенергетичний комплекс. Саме тут реалізується на сьогодні найбільша кількість цифрових ініціатив, національних проєктів, програм, нормативно-правових актів і стратегічних документів у царині діджиталізації енергетичного сектору. 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. У даному контексті доцільно зауважити, що загальносвітовий обсяг зекономленої електроенергії від застосування діджитал-технологій оцінюється міжнародними експертами у 500–700 ТВт / год у рік. Більше того, системна автоматизація виробничих процесів в енергетичному секторі та впровадження системи інтелектуального обліку енергоресурсів стають головною рушійною силою експоненціального генерування інформаційних даних. Даний процес супроводжується одночасною динамічною продуктово-видовою й інституційною структурізацією енергоринків, диверсифікацією їх суб'єктної структури, появою нових 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 імплементації у глобальний енергетичний сектор здатні докорінно змінити діючу систему взаєморозрахунків, зменшивши при цьому кількість збутових посередників практично за усіма енергетичними секторами економіки та знизивши ціни на енерготовари для їх кінцевих споживачів. Водночас, впроваджені у світовому енергосекторі розгалужені системи інтелектуального обліку формують потужну матеріальну основу для випереджального розвитку у глобальних координатах інтернету речей на основі конвергенції розрізнених у географічному вимірі невеликих споживачів і виробників енерготоварів з їх перетворенням на активних ринкових акторів на основі механізмів агрегації й управління попитом, самоорганізації і децентралізації.

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. Особливої 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 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.

Разом з тим, незважаючи на вищу мірою перспективність та історичну незавершеність формування у першій чверті ХХІ ст. інституційно-технологічного й організаційно-економічного «каркасу» третьої промислової революції, з другої половини 2010-х років активне обговорюваними стають процеси формування четвертої промислової революції. Її відмітною рисою є «розмивання» чітких меж між цифровими, фізичними й біологічними сферами, 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 рушійними глибоких економічних, соціальних й інституційних трансформацій світового господарства. 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 [9, с. 2150; 10, с. 12]. Не можемо оминати 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 [10, с. 12]. Як уже зазначалось вище, розбудова у глобальних координатах сталої енергетичної моделі є неможливою без впровадження у господарську практику механізмів енергоефективності й енергоощадності. 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.

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 пови-

нні 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 проектів міжнародних організацій, так і відверто «жорсткий» інструментарій – аж до торговельних війн, економічних санкцій і військових конфліктів.

Висновки. 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.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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. Vol. 93. P. 483–498.
2. 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.
3. Johnstone N., Haščič I., Popp D. Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*. 2010. Vol. 45. Issue 1. P. 133–155.
4. The Energy Stack The 3Ds of Energy: Decarbonization, Digitization and Decentralization. Outlier Ventures, 2019.
5. Perspectives for the energy transition. OECD/IEA and IRENA; 2017.
6. 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. Vol. 92. P. 834–847.
7. Global energy transformation: the REmap transition pathway (background report to 2019 edition). Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019.
8. 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.
9. Solangi K., Islamb M., Saidur R., Rahimb N. A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. No. 15. P. 2149–2163.
10. 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.

REFERENCES

1. Di Silvestre M.L., Favuzza S., Sanseverino E.R., Zizzo G. (2018) How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 93. P. 483–498.
2. Kroposki B., Johnson B., Zhang Y., Gevorgian V., Denholm P., Hodge B.-M., Hannegan B. (2017) Achieving a 100% renewable grid. *IEEE Power and Energy Magazine*. Vol. 15. Issue 2. P. 61–73.
3. Johnstone N., Haščič I., Popp D. (2010) Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts. *Environmental and Resource Economics*. Vol. 45. Issue 1. P. 133–155.
4. The Energy Stack The 3Ds of Energy: Decarbonization, Digitization and Decentralization. (2019) Outlier Ventures.
5. Perspectives for the energy transition. (2017) OECD/IEA and IRENA.
6. Brown T. W., Bischof-Niemz T., Blok K., Breyer C., Lund H., Mathiesen B. V.(2018) Response to 'Burden of proof: a comprehensive review of the feasibility of 100% renewable-electricity systems'. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 92. P. 834–847.
7. Global energy transformation: the REmap transition pathway (background report to 2019 edition). (2019) Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
8. Brisbois M.C. (2020) Decentralised energy, decentralised accountability? Lessons on how to govern decentralised electricity transitions from multi-level natural resource governance. *Global Transitions*. Vol. 2. P. 16–25.
9. Solangi K., Islamb M., Saidur R., Rahimb N. (2011) A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. No. 15. P. 2149–2163.
10. Della R.M., Rand D. A.J. (2001) Energy storage – a key technology for global energy sustainability. *Journal of Power Sources*. No. 100. P. 2–17.