

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-50-22>

УДК 339.92

# СЕКТОРАЛЬНІ ТЕНДЕНЦІЇ ДІДЖИТАЛІЗАЦІЇ ГЛОБАЛЬНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СЕКТОРУ

## SECTORAL TRENDS OF DIGITALIZATION OF THE GLOBAL ENERGY SECTOR

**Домбровська Тетяна Миколаївна**

аспірант,

ДВНЗ «Київський національний економічний університет  
імені Вадима Гетьмана»

**Dombrovska Tetiana**

Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman

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. 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. Тож, закономірним результатом подібного роду змін є суттєве підвищення ефективності управління енергосистемами на основі оброблення великих масивів інформаційних даних, широкого застосування технологій штучного інтелекту, цифрових двійників, хмарних обчислень тощо.

**Ключові слова:** енергетика, зелена енергетика, енергетичні компанії, бізнес моделі, діджиталізація.

Since the 1970s, the main driving forces of the system processes of digitization of the global energy sector have been dynamic scientific and technical progress and the emergence of innovative types of equipment and technologies that require the implementation of digital solutions at the level of all links of the global value chains formed in the energy sector. In today's conditions of aggravation of environmental and climate problems of humanity, the social importance of digitization of the energy sector is growing significantly in connection with the significant complication of its functioning and the decrease in the level of resistance to the action of internal and external destabilizing factors. Global trends of technological and digital transformation of the world energy sector have a powerful influence on its structuring in accordance with the leading trends of world economic development. This actualizes the issue of maximum adaptation of the activities of energy companies to the digital environment based on the improvement of current business models and systematic restructuring of current business processes in the context of increasing the competitive positions of firms in the global market and creating new value for consumers. Under such conditions, there is an active transition of energy companies from the model of extensive growth of their own business based on the diversification of the geographic structure of sales of energy products and increasing revenues to a qualitatively new business model based on offering new value to consumers. At the same time, the trend of transformational changes in energy companies from the traditionally organized, vertically integrated and hierarchically managed large corporations prevailing in the pre-digital era to network formats of business activity organization with territorially distributed energy capacities and a significant number of small-sized local producers of energy products is becoming more and more crystallized. The natural result of this kind of changes is a significant increase in the efficiency of power system management based on the processing of large arrays of information data, the widespread use of artificial intelligence technologies, digital doubles, cloud computing, etc.

**Keywords:** energy, green energy, energy companies, business models, digitalization.

**Постановка проблеми.** 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 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; 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.

**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 сучасних секторальних тенденцій.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** У загальному руслі системних принципів наукового дослідження економічних процесів і явищ необхідно охарактеризувати ключові тенденції діджиталізації глобального енергетичного сектору.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є 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.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** 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 трансак-

ційних витрат при її переробленні. Це досягається насамперед завдяки оцифруванню 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, 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, 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 [1].

На сьогодні велика кількість глобальних гравців нафтогазового сектору реалізують масштабні програми і проєкти розумного виробництва. З-поміж них, зокрема, компанії

Schlumberger, Shell, BP. 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) [2]. 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. 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 діджиталізація процесів видобування, транспортування і збуту енергоресурсів справляє 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 тощо.

Наголосимо також, що навіть у короткостроковій перспективі діджиталізація енерге-

тичного сектору здатна забезпечити щорічний приріст доходів компаній на рівні 3-4%. 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 частка енергофірм, здатних їх впровадити, суттєво перевищує відповідний показник для усього бізнес-сектора. Не слід скидати з рахунків і докорінної діджитал-трансформації чинних корпоративних стратегій і бізнес-моделей енергетичних компаній, яка дає змогу суттєво знизити трансакційні 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%.

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 [3, 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 за одночасного нарощування обсягів венчурного фінансування досліджень і розробок енергетичного профілю.

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 ефективно 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 травмвань й інвалідації 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. [4, с. 747]. 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. 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 без-

перебійному теплопостачанні споживачів. 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. 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, енергоменеджменту домашніх господарств та розроблення програмного забезпечення у сфері енергетики. Своєю 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 [5]. 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



приладів 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, з яких понад половини (2,6 млн) припадало до Китаю. Оскільки загальна кількість електромобілів станом на 2030 р. становитиме, за різними оцінками, 245 млн [6], то з урахуванням середньої енергомісткості використовуваних батарей (50 кВт/год) можна прогнозувати досягнення на кінець періоду сукупної місткості акумуляторів усіх електромобілів відмітки у 12,5 ТВт/год [7]. Відтак – у найближче десятиліття можна очікувати неухильно зростаючої динаміки транскордонного використання тех-

нологій 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 інших.

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 високоефективних 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 компанітарних 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.

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 і ін.) тільки у період 2015–2016 рр. придбали сукупно 3,6 ГВт відновлювальної енергії, достатньої для задоволення потреб в електроенергії половини штату Коннектикут [8].

Ні для кого не секрет, що доволі велика кількість енергетичних корпорацій активно впроваджують нині проекти, 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.

У характеристиці ключових тенденцій діджиталізації глобального енергетичного сектору, який свідчить про його наростаючу сталу трансформацію, не можемо оминути 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». 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.

Дана бізнес-модель, органічно об'єднуючи на своїй діджитал-платформі фізичну, цифрову та комунікаційну інфраструктуру енергосектору, 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 – мейджори, спеціалізовані постачальники відновлюваної енергії, телекомунікаційні компанії та стартапи [9, с. 3].

Дані, подані засвідчують стрімку динаміку глобальної капіталізації комерційного і промислового ринку Energy-as-a-Service, яка у період 2017–2022 рр. зростає 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. [9, 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.

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 проектування, монтаж й сервісне обслуговування енергообладнання, а також надання широкого спектру послуг з управління продуктивністю.

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, але й фронтальною розбудовою систем інтелектуального енергообліку в електроенергетиці, тепло- і газопостачанні. Красномовним підтвердженням потужної дії даного фундаментального тренду є, зокрема, дані, які засвідчують, що лівова частка капіталізації глобального ринку цифрових технологій в енергетиці у період 2017–2025 рр. стабільно припадає на сегменти «розумних» електролічильників та експлуатації й обслуговування теплоелектростанцій. Очікується, що на період до 2028 р. у 60% домогосподарств по усьому світу будуть встановлені розумні лічильники обліку споживання електроенергії [10]. 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.

Цілком природно, що даний процес супроводжуватиметься динамічною продуктово-видовою й інституційною структурізацією 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 досяжно 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 [10].

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 облигаційних інструментів. Цілком природно, що значна частина залученого фінансування спрямовується на реалізацію екологічних програм і проєктів.

**Висновки.** 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 структурізацію 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 викристалізується тренд трансформаційних змін енергокомпаній від пануючих у доцифрову

епоху традиційно організованих, вертикально-інтегрованих й ієрархічно керованих великих корпорацій до мережеских 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 управління енергосистемами на основі оброблення великих масивів інформаційних даних, широкого застосування технологій штучного інтелекту, цифрових двійників, хмарних обчислень тощо.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. 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: 24.12.2022).
2. 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.
3. Upstream Digital Transformations Will Your Digital Portfolio of Initiatives be enough? Oliver Wyman. URL: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2019/aug/Upstream%20Digital%20Transformations-FINAL-v2.pdf> (дата звернення: 24.12.2022).
4. 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.
5. Vehicle to Grid (V2G) Market Overview. URL: <https://www.industryarc.com/Report/19376/vehicle-to-grid-market.html> (дата звернення: 24.12.2022).
6. Global EV Outlook 2020 – Analysis. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (дата звернення: 24.12.2022).
7. 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.
8. 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: 24.12.2022).
9. 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: 24.12.2022).
10. 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: 24.12.2022).

#### REFERENCES:

1. From Survival to Revival: Digital Transformation for Oil and Gas. Infosys, 2019. Available at: <https://www.infosys.com/industries/oil-and-gas/documents/from-survival-revival-digital-transformation-oil-gas.pdf> (accessed December 24, 2022).
2. Jacobs T. (2018) BP and Startup Beyond Limits Try to Prove That Cognitive AI Is Ready for Oil and Gas. *Journal of Petroleum Technology*. No. 70. Issue 10. P. 26–29.
3. Upstream Digital Transformations Will Your Digital Portfolio of Initiatives be enough? Oliver Wyman. Available at: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2019/aug/Upstream%20Digital%20Transformations-FINAL-v2.pdf> (accessed December 24, 2022).
4. Barnewold L., Lottermoser B. G. (2020) Identification of Digital Technologies and Digitalisation Trends in the Mining Industry. *International Journal of Mining Science and Technology*. Vol. 30. P. 747–757.
5. Vehicle to Grid (V2G) Market Overview. Available at: <https://www.industryarc.com/Report/19376/vehicle-to-grid-market.html> (accessed December 24, 2022).
6. Global EV Outlook 2020 – Analysis. IEA. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020> (accessed December 24, 2022).



7. Heilmann C., Friedl G. (2021) Factors Influencing the Economic Success of Grid-to-Vehicle and Vehicle-to-Grid Applications. A Review and Meta-Analysis. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 145. P. 111–115.
8. Fox-Penner P. Why Apple Is Getting into the Energy Business? *Harvard Business Review*, November 25, 2016. Available at: <https://hbr.org/2016/11/why-apple-is-getting-into-the-energy-business> (accessed December 24, 2022).
9. Energy-as-a-Service The lights are on. Is anyone home? Deloitte, 2019. Available at: <https://www2.deloitte.com/uk/en/pages/energy-and-resources/articles/energy-as-a-service.html> (accessed December 24, 2022).
10. Amicucci L. The Rise of Next-gen Smart Meters. *Nordic Semiconductor*. May 6, 2020. Available at: <https://blog.nordicsemi.com/getconnected/the-rise-of-next-gen-smart-meters>. (accessed December 24, 2022).