

DOI <https://doi.org/10.51647/kelm.2020.8.2.16>

## TEORETYCZNE PODSTAWY KSZTAŁTOWANIA SIĘ I ROZWOJU SYSTEMU INNOWACJI W ENERGETYCE JAKO PRZESŁANKA DEKARBONIZACJI I EKOLOGIZACJI GOSPODARKI

**Olena Trofymenko**

*kandydat nauk ekonomicznych, docent,*

*docent Katedry Ekonomii i Przedsiębiorczości Międzynarodowego Uniwersytetu Finansów,  
docent Katedry Ekonomii Teoretycznej i Stosowanej Narodowego Uniwersytetu Technicznego Ukrainy  
„Politechnika Kijowska imienia Igora Sikorskiego” (Kijów, Ukraina)*

*ORCID ID: 0000-0002-2339-0377*

*e-mail: o.o.trofymenko@gmail.com*

**Adnotacja.** W artykule przeprowadzono analizę teoretycznych podstaw rozwoju systemu innowacji w dziedzinie energetyki. Określono podstawowe przesłanki wdrażania innowacji energetycznych, w szczególności potrzebę rozwiązania problemów klimatycznych, zwiększenia dostępu do dostępnej i bezpiecznej energii oraz innych zadań w ramach siódmego celu zrównoważonego rozwoju. Zdefiniowano podejścia do teoretycznego określenia istoty innowacji w energetyce. Ustalono, że wskazane jest zastosowanie właśnie systemowego podejścia do innowacyjnego rozwoju technologii w energetyce i zastosowanie pojęcia „system innowacji” w energetyce. Ustalono, że obecnie podstawą rozwoju systemu innowacji w sektorze energetycznym jest skupienie się na przyjazności dla środowiska i dekarbonizacji. Zidentyfikowano główne istniejące zalecenia i inicjatywy dekarbonizacyjne. Przeanalizowano istniejącą metodę zarządzania energią w zakresie stosowania teorii gier, podejścia do zarządzania energią w zakresie korzystania z koncepcji V2G opartej na teorii gier i konwencjach dla IoEV, non-kooperacyjnej gry Stackelberga, podejścia do cenotwórstwa. Zdefiniowano pojęcie energetycznego blockchainu. Zidentyfikowano głównie przełomowe innowacyjne technologie w sektorze energetycznym.

**Słowa kluczowe:** innowacje energetyczne, system innowacji, dekarbonizacja, energetyczny blockchain.

## THEORETICAL BASES OF THE FORMATION AND DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF INNOVATION IN THE ENERGY SECTOR AS A PRECONDITION FOR DECARBONISATION AND GREENING OF THE ECONOMY

**Olena Trofymenko**

*PhD in Economics, Associate Professor,*

*Associate Professor at the Department of Economics and Entrepreneurship  
International University of Finance (Kyiv, Ukraine),*

*Associate Professor at the Department of Theoretical and Applied Economics  
National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute” (Kyiv, Ukraine)*

*ORCID ID: 0000-0002-2339-0377*

*e-mail: o.o.trofymenko@gmail.com*

**Abstract.** The article analyses the theoretical foundations of developing the system of innovation in the energy sector. The main preconditions for the introduction of energy innovation are identified, in particular, the need to address climate issues, expand access to affordable and safe energy and other tasks within the Seventh Sustainable Development Goal. The approaches to the theoretical definition of the essence of innovation in the energy sector are determined. It is established that it is expedient to use a system approach to innovative development of technologies in the field of energy and to apply the concept of «innovation system» in the field of energy. It is determined that today the development of the system of innovation in the energy sector focuses on a green economy and decarbonisation. The main existing recommendations and initiatives for decarbonisation are identified. The existing method of energy management using game theory, energy management approaches using the concept of V2G based on game theory and agreements for IoEV, non-cooperative Stackelberg game, approaches to pricing are analysed. Blockchain in the energy industry is defined. The main breakthrough innovative technologies in the field of energy are determined.

**Key words:** energy innovations, system of innovations, decarbonization, energy blockchain.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ІННОВАЦІЙ В ЕНЕРГЕТИЦІ ЯК ПЕРЕДУМОВА ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

*Олена Трофименко*

*кандидат економічних наук, доцент,*

*доцент кафедри економіки та підприємництва*

*Міжнародного університету фінансів (Київ, Україна),*

*доцент кафедри теоретичної та прикладної економіки*

*Національного технічного університету України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна)*

*ORCID ID: 0000-0002-2339-0377*

*e-mail: o.o.trofytenko@gmail.com*

**Анотація.** У статті проаналізовано теоретичні засади розвитку системи інновацій в енергетичній сфері. Визначено основні передумови запровадження енергетичних інновацій, як-от потреба вирішення проблем клімату, розширення доступу до доступної та безпечної енергії та інших завдань у межах сьомої Цілі сталого розвитку. Визначено підходи до теоретичного визначення сутності інновацій в енергетиці. Встановлено, що доцільно використовувати саме системний підхід до інноваційного розвитку технологій у сфері енергетики та застосовувати поняття «система інновацій» у сфері енергетики. Визначено, що сьогодні в основі розвитку системи інновацій в енергетичному секторі лежить спрямованість на екологічність та декарбонізацію. Виявлено основні рекомендації та ініціативи з декарбонізації. Проаналізовано метод управління енергією із застосуванням теорії ігор, підходи до управління в енергетиці з використанням концепції V2G на основі теорії ігор та угод для ІоEV, некооперативної гри Штакельберга, підходів до ціноутворення. Визначено енергетичний блокчейн. Виявлено проривні інноваційні технології у сфері енергетики.

**Ключові слова:** енергетичні інновації, система інновацій, декарбонізація, енергетичний блокчейн.

**Вступ.** Відомо, що спалювання викопного палива є одним з основних джерел викидів, що викликають потепління, тому поки саме за рахунок нього задовольняється близько 80% потреб світового енергоспоживання. Отож, однією з дванадцяти Глобальних цілей сталого розвитку до 2030 року, затверджених на саміті ООН із питань сталого розвитку у 2015 р., є Ціль 7 «Доступна та чиста енергія» (Мінекономіки, 2017). Досягнення цієї цілі до 2030 р. передбачає низку завдань, як-от збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у світовому енергетичному балансі, активізація міжнародного співробітництва з метою полегшення доступу до досліджень і технологій у галузі екологічно чистої енергетики, підвищення енергоефективності, інноваційні та екологічні технології використання викопного палива, заохочування інвестицій в енергетичну інфраструктуру та технології екологічно чистої енергетики тощо. Питання зниження енергомісткості в промисловості також актуалізуються в умовах трансформації національної економіки, пов'язаних зі становленням Індустрії 4.0. Це визначає актуальність дослідження теоретичних засад становлення системи інновацій в енергетичному секторі, дослідження тенденцій розвитку інновацій в енергетичній сфері.

Теоретичні засади становлення інновацій, зокрема в енергетичному секторі національної економіки, досліджували вітчизняні та зарубіжні вчені: С.В. Войтко, І.А. Вакуленко, Н.О. Рязанова, А.Дж. Уейр, К. Рюль, М. Шафер, Джонсон та ін. У роботах цих учених висвітлюються актуальні питання інноваційного розвитку, проте потребують оновлення дослідження енергетичних інновацій з урахуванням сучасного зарубіжного досвіду.

**Мета, методи та завдання дослідження.** Метою статті є дослідження теоретичних засад становлення та розвитку системи інновацій в енергетичному секторі національної економіки. У процесі дослідження використано системний підхід до критичного аналізування наукових джерел інформації, що стосуються розвитку енергетичної сфери. На основі системного підходу поставлені такі завдання: дослідити підходи науковців до визначення сутності інновацій в енергетичному секторі; визначити основні передумови інноваційного розвитку енергетичного сектору; проаналізувати підходи до використання концепції Vehicle-to-Grid як складника управління енергетичними транзакціями на основі теорії ігор; визначити роль технології енергетичного блокчейну для ефективного енергозабезпечення в енергетичному секторі; класифікувати добірку провідних енергетичних технологій від Масачусетського технологічного інституту.

**Результати.** Енергетичний сектор національної економіки є забезпечувальним для її інфраструктури, промислово-технологічного розвитку та визначає рівень соціально-економічного розвитку країни. Нині майже всі провідні країни світу розробляють принципово нову ідеологію побудови та функціонування енергетичної галузі з метою надання безпечної, надійної, економічно доцільної та екологічно прийнятної енергозабезпечення споживачів. Зазначена ідеологія базується на активній інформатизації та інтелектуалізації енергетичних об'єктів, основою яких є інноваційні процеси. Саме тому дослідження підходів різних науковців щодо визначення сутності інновацій в енергетичному секторі є важливим для подальшого розвитку та формування рекомендації щодо інноваційного розвитку національної економіки.

Загалом, науковці (Oslo Manual, 2018: 20) визначають інновацію як новий або вдосконалений продукт або

процес (чи їх комбінацію), який суттєво відрізняється від попередніх продуктів або процесів блоків та який був наданий потенційним користувачам (продукт) або введений в експлуатацію блоком (процес). Зараз відбувається трансформація глобальної енергетичної системи, зумовлена потребами вирішення проблем клімату та розширення доступу до доступної та безпечної енергії, а також завдяки конкурентоспроможним відновлюваним джерелам енергії та інноваційним технічним, політичним та ринковим рішенням (IEA, 2021). Саме тому важливо дослідити сутність інновацій в енергетиці та напрямки їх розвитку в сучасних умовах.

У роботі (Gallagher et al., 2006: 194) визначають інновації в галузі енергетичних технологій як сукупність процесів, що ведуть до нових або вдосконалених енергетичних технологій, які можуть збільшити енергетичні ресурси, підвищити якість енергетичних послуг та зменшити економічні, екологічні чи політичні витрати, пов'язані з постачанням та використанням енергії. Відповідно до цього дослідження інновації в галузі енергетичних технологій (далі – ЕТІ) – це сукупність процесів, що ведуть до нових або вдосконалених енергетичних технологій, які можуть збільшити енергетичні ресурси; підвищити якість енергетичних послуг; зменшити економічні, екологічні чи політичні витрати, пов'язані з постачанням та використанням енергії. Погоджуємося з тим, що енергетичні інновації мають вирішальне значення для вирішення глобальних змін клімату за умов одночасного збільшення економічного зростання, посилення міжнародної конкурентоспроможності та усунення енергетичної бідності (Information technology and innovation foundation, 2021).

Відповідно до дослідження Г. Брукса (Brooks, 1967: 1707) під енергетичними технологіями варто розуміти не тільки технології попереднього отримання і кінцевого використання енергії, спеціальне устаткування й обладнання, а і програмне забезпечення, практичні вміння і знання, необхідні для його ефективного застосування. Марголіс (Margolis, 2002: 61) визначає енерготехнологічні інновації як набір процесів щодо вдосконалення енергетичних технологій та устаткування, які можуть набувати форми уточнення наявних або заміни їх на істотно нові.

Узагальнює зазначені положення Орумбаєва (Орумбаєва, 2009: 26), визначаючи інновації в енергетиці результатом наукової та науково-технічної діяльності на основі використання нових ідей, що є об'єктом упровадження у сферу виробництва та управління енергетичною галуззю з метою отримання економічного, соціального, екологічного та науково-технічного ефекту. Можна погодитись з О.В. Ткач та В.М. Олексюк (Ткач, Олексюк, 2016: 57), що енергетичні інновації є результатом нагромадження нових знань, матеріалізованих у високоефективних, енергоощадливих і енергогенерувальних технологіях, нових та вдосконалених видах енергетичних ресурсів, обладнання, устаткування, прогресивних формах організації праці та виробництва, підвищення якості енергетичних послуг, що дозволяють знизити економічні, екологічні, транзакційні втрати, пов'язані з постачанням і використанням енергії, та підвищити рівень енергетичної безпеки країни.

Системний підхід до інновацій в енергетиці застосовують дослідники (Gallagher et al., 2013: 139), розглядаючи вже інноваційну систему енергетичних технологій, яку визначають як аналітичну основу, що застосовується до енергетичних технологій, ставить інноваційні етапи, процеси та рушії в контекст інноваційних систем, які описуються знаннями, дійовими особами та інституціями використання ресурсів і технологій. У дослідженні Фрімена і Переса (Freeman and Perez, 1988: 46) зазначено, що інноваційна система енергетичних технологій застосовує системну перспективу до енергетичних інновацій. Можна сказати, що в процесі еволюції технологій технологічні інновації стають результатом поєднання наявних технологій різними способами, що свідчить про «комбінаторну еволюцію». Три основні функції інноваційної системи виокремлюють у своєму дослідженні автори (Colin and Hart, 2019: 5) і пропонують розраховувати The Global Energy Innovation Index, який базується на оцінюванні таких функцій системи, як генерація опціонів, розповсюдження використання інновацій та соціальна легітимація. Ці три індекси побудовані з 14 компонентів, які мають різне значення. Компоненти індикаторів за функціональними складниками і визначають основні сучасні тенденції загальні розвитку інновацій в енергетиці, бо до них належать, зокрема, конкретні напрями для інвестицій (Трофіменко, 2020).

Ми погоджуємося з тим, що сьогодні доцільно використовувати саме системний підхід до інноваційного розвитку технологій у сфері енергетики та застосовувати поняття «система інновацій», яке ототожнюємо з терміном «інноваційна система енергетичних технологій». Відповідно до Щорічного огляду навколишнього середовища та ресурсів інноваційна система енергетичних технологій – це застосування системної точки зору на інновації в енергетичних технологіях, що включає всі аспекти енергетичних систем (попит і пропозиція), всі стадії циклу розробки та технології, всі інноваційні процеси, зворотний зв'язок, учасників, установи та мережі. Сьогодні вже започатковують підходи до оцінювання сукупного рівня розвитку інновацій в енергетичному секторі, що є позитивною тенденцією для подальшого глобального розвитку.

У розвитку системи інновацій в енергетичному секторі варто визначити спрямованість на екологічність та декарбонізацію. У листопаді 2018 року Європейська комісія представила довгострокову стратегічну концепцію зниження викидів парникових газів, де визначено те, яким чином Європа може прокласти шлях до кліматичної нейтральності економіки з нетто-нульовими викидами парникових газів до 2050 року. Вона містить сім основних стратегічних складників, як-от максимізація енергоефективності; максимальний розвиток відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) та електрифікації; перехід до екологічно-чистого транспорту; запровадження циркулярної економіки (економіки замкнутого циклу); розробка «розумних» мереж і комунікацій; розширення біоенергетики та природного поглинання вуглецю; поглинання решти викидів

CO<sub>2</sub> за рахунок технологій поглинання і зберігання вуглецю (Ministry of Energy and Environmental Protection, 2018). HLP підготував набір тематичних і наскрізних рекомендацій, окрім іншого, щодо орієнтації нової Рамкової програми ЄС із досліджень та інновацій 2021–2027 рр., Horizon Europe. Рекомендації членів Групи високого рівня Європейської ініціативи декарбонізації включають: 1) необхідність постійної діяльності з НДДКР у галузі декарбонізації у всіх секторах, включаючи потужну програму розвитку науки щодо зміни клімату; 2) створення великих програм наскрізного характеру, орієнтованих на місії, для впровадження системних трансдисциплінарних інновацій; 3) розвиток партнерських відносин із промисловістю для спільного вирішення найскладніших складників декарбонізації, в які самостійно промисловість не вкладала достатньо коштів; 4) запуск «перехідних суперлабораторій», дуже великих територій, ініціатив управління реальним життям, пов'язаних із переходом від типових місцевих економік на основі викопного палива до безвуглецевих технологій (European Union, 2018: 77).

Сьогодні в умовах Індустрії 4.0 інновації в енергетиці активно розвиваються та впроваджуються, розвивається методологія управління такими інноваціями. Так, у роботі (Belhaiza and Baroudi, 2015: 1387) наведено метод управління енергією, заснованого на теорії ігор, який урахує автономну реакцію на попит і взаємодію розподіленої генерації в smart-системах розподілу енергії. Основа запропоновано підходу – теоретично-ігровий метод функціонування інтелектуальної («розумної») мережі розподілу енергії, яка функціонує за програмами генерації та реагування на попит. Метод базується на використанні некооперативної гри, у якій ідеєю є «кооперація» розподілених генерувальних пристроїв із «розумними» споживачами. Отож, для реальної системи розподіл електроенергії здійснюється з урахуванням запитів від «розумних» пристроїв в умовах реальних експлуатаційних обмежень. Застосування таких інноваційних технологій надає змогу підвищити рівень ефективності енергосистеми, зменшити загальну вартість енергетичної системи, знизити втрати потужності, тобто покращити продуктивність мережі з одночасним зниженням викидів CO<sub>2</sub> та негативним впливом на навколишнє середовище.

Для розвитку підходу до кооперації розподілених генерувальних пристроїв із «розумними» споживачами фахівцями у роботі [18] запропоновано наукове вирішення проблематики використання концепції V2G (Vehicle-to-Grid), яка полягає у «двосторонньому» енергетичному використанні електромобілів і гібридних авто, тобто передбачає підключення цих авто, з одного боку, до загальної електромережі для підзарядки електромобіля, а з іншого – з можливістю надання вже накопиченої енергії в авто назад до мережі з метою участі в управлінні попитом і пропозицією на електроенергію. У цій роботі запропоновано метод управління енергетичними транзакціями на основі теорії ігор та угод для інтернет-орієнтованих електричних транспортних засобів (IoEV – Internet of Electric Vehicles). Із поширенням інтелектуальних мережних систем взаємодія енергетичної системи та сукупності електроавтомобілів формує новітній тип енергетичної взаємодії на основі інтернету IoEV. Використання опції зарядки/розрядки електромобілів із залученням алгоритмів штучного інтелекту дає змогу зменшити дисбаланс попиту та пропозиції в енергетичній системі. Проте варто зазначити, що здійснення взаємодії між дійсною технологією V2G та IoEVs має зважувати на «енергетичні» транзакції. З метою ефективного використання технології V2G слід використовувати високоефективні хмарні сервіси з можливостями масштабування і стратегії управління енергетичними транзакціями, засновані на теорії ігор. Оптимальну цінову стратегію та стратегію розряджання електромобілів (як джерел енергії) отримують на основі використання некооперативної гри Штакельберга та рівноваги ціни та енергії. Тут виникає таке явище, як соціальна відповідальність у поведінці власника електромобіля, під яким розуміється усвідомлення того, що авто, яке наразі не експлуатується, може бути джерелом «зеленої» енергії та сприяти зменшенню викидів CO<sub>2</sub>. Слід зважати на те, що до негативу використання такої технології належить зменшення тривалості етапу експлуатації акумуляторної батареї електромобіля.

Ще однією сучасною технологією, сформованою на засадах четвертої промислової революції, є блокчейн-технологія. Її інтеграція в енергетичний сектор дає принципово нові можливості для розвитку галузі, підвищення надійності, забезпечення енергозбереження тощо. У роботі (Jember, 2020: 203479) розкриваються можливості блокчейн-технології для енергетики, зокрема для відновлюваних джерел енергії, з метою забезпечення енергетичної стійкості. В енергетиці на засадах блокчейну використано принцип розподіленої (децентралізованої) енергії (як і для розподіленого зберігання даних в інформаційно-комунікаційних системах). Енергетичний блокчейн вирішує проблеми вузьких місць у процесі розвитку енергосистем, зокрема у проблематиці заміщення викопної енергії на відновлювану. Таким чином, блокчейн сприяє розвитку відновлюваної енергетики та забезпеченню енергетичної стійкості.

Фінансовий складник енергетичного блокчейну розроблено у роботі (Guo et al., 2020: 3). Ціноутворення на електроенергію для споживачів можливе за допомогою використання моделі, заснованої на теорії ігор у межах енергетичного блокчейну. Особливістю цієї взаємодії є те, що методологія розглядає не тільки комерційні відносини між продавцем і покупцем, а і взаємодію між продавцями. Як наслідок, такий підхід дає змогу забезпечити переваги для споживачів і сприяє розвитку ринку електроенергії. Потенціал енергетичного блокчейну не є вичерпаним та потребує подальшого наукового дослідження.

Використання теорії ігор і блокчейну в енергетиці зумовлює розгляд низки й інших технологічних новацій, які виникли чи можуть виникнути в енергетичній сфері. Вагоме дослідження цього здійснює Масачусетський технологічний інститут (Massachusetts Institute of Technology), який уже 20 років поспіль оприлюднює добірку важливих для суспільства технологій. За останні п'ять років (2017–2021 рр.) у розділі із загальною назвою «10 Breakthrough Technologies» у звітах «MIT Technology Review» (Breakthrough

Technologies Massachusetts Institute of Technology, 2020) наведені такі проривні технології сфери енергетики: 2017 рік – «гарячі» сонячні елементи (Hot Solar Cells); 2018 рік – безвуглецевий природний газ (Zero-Carbon Natural Gas); 2019 рік – ядерна енергетика нової хвилі (New-Wave Nuclear Power) й уловлювач вуглекислого газу (Carbon Dioxide Catcher); 2020 рік – спроможність до кліматичних змін (Climate Change Attribution). Отже, маємо 6 технологій із 50 досліджених, які безпосередньо пов'язані з енергетикою, до того ж більшість із них належать до відновлюваної енергетики. Зазначене показує актуальність розвитку відновлюваної енергетики та її похідних, а також екологічно спрямованих ініціатив.

**Висновки.** Ми визначили основні передумови запровадження енергетичних інновацій, як-от потреба вирішення проблем клімату, розширення доступу до доступної та безпечної енергії та інших завдань у межах сьомої Цілі сталого розвитку. Дослідили теоретичні основи становлення та розвитку енергетичних інновацій. Проаналізували сучасні методи управління в енергетичному секторі, впровадження яких дозволить підвищити рівень декарбонізації економіки та оптимізувати основні процеси. Подальших досліджень потребують механізми розвитку інновацій в енергетиці на державному рівні.

#### Список використаних джерел:

1. Цілі сталого розвитку в Україні. *Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України*: веб-сайт. URL: [http://un.org.ua/images/SDGs\\_NationalReportUA\\_Web\\_1.pdf](http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf) (дата звернення: 17.10.2020).
2. OECD/Eurostat/ Oslo Manual 2018: *Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. С. 20
3. International energy association. URL: <https://www.iea.org/> (дата звернення: 12.09.2020).
4. Kelly Sims Gallagher, John P. Holdren, Ambuj D. Sagar Energy-Technology Innovation Annual Review of Environment and Resources/ 2006. V. 31:1, p. 193–237.
5. Information technology and innovation foundation. URL: <https://itif.org/issues/clean-energy-innovation> (дата звернення: 15.09.2020).
6. Brooks, H. Applied science and technological progress. *Science*, 1967. 156(3783). P. 1706–1712. doi:10.1126/science.156.3783.1706.
7. Margolis, R.M. (2002). *Understanding technological innovation in the energy sector: The case of photovoltaics*. Princeton University.
8. Орумбаева Ш.Р. Теплоенергетика Казахстана: некоторые аспекты индустриальной политики. Материалы круглого стола UIB «Роль молодежи в современных интеграционных процессах развития казахстанского общества: проблемы и перспективы». Алматы, 2009. С. 2–28.
9. Ткач О.В., Олексюк В. М. Енергетична безпека країни: умови збереження та шляхи досягнення (інноваційний чинник). Івано-Франківськ: Вид-во ПП Корольчук В.Ф., 2016. 289 с.
10. Kelly Sims Gallagher, Arnulf Grubler, Laura Kuhl, Gregory Nemet, and Charlie Wilson. The Energy Technology Innovation System. 2013. p. 137–163.
11. Freeman C, Perez C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. 130, pp. 38–66.
12. Colin C., Hart D., The Global Energy Innovation Index. Information Technology and Innovation Foundation. 2019.
13. Трофименко, О. Тенденції розвитку інновацій в енергетичній сфері в сучасних умовах. *Економіка та суспільство*, 2020. № 22. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-90>.
14. Міністерство енергетики та захисту довкілля. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. URL: [https://mepr.gov.ua/files/images/news\\_2020/21012020/pdf\\_%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf](https://mepr.gov.ua/files/images/news_2020/21012020/pdf_%D0%B7%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf). (дата звернення: 3.09.2020).
15. Final report of the high-level panel of the European decarbonisation pathways initiative. EU. URL: [https://ec.europa.eu/info/publications/final-report-high-level-panel-european-decarbonisation-pathways-initiative\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/final-report-high-level-panel-european-decarbonisation-pathways-initiative_en). (дата звернення: 15.08.2020).
16. Belhaiza and U. Baroudi, “A game theoretic model for smart grids demand management,” *IEEE Trans. Smart Grid*, 2015. vol. 6, no. 3, pp. 1386–1393.
17. Jember A. G., Xu W., Pan C., Zhao X., Ren X. -C. Game and Contract Theory-Based Energy Transaction Management for Internet of Electric Vehicle. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 203478–203487, 2020, DOI: 0.1109/ACCESS.2020.3036415.
18. Wang Q., Su M. Integrating blockchain technology into the energy sector — from theory of blockchain to research and application of energy blockchain / *Computer Science Review*. 2020. Vol. 37. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100275>.
19. Guo Z, Ji Z, Wang Q. Blockchain-Enabled Demand Response Scheme with Individualized Incentive Pricing Mode. *Energies*. 2020; 13(19):5213. <https://doi.org/10.3390/en13195213>.
20. Breakthrough Technologies Massachusetts Institute of Technology URL: <https://www.technologyreview.com/>

#### References:

1. Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine. (2017) Sustainable Development Goals: Ukraine [Tsili staloho rozvytku: Ukraina]. Retrieved October 17, 2021: [http://un.org.ua/images/SDGs\\_NationalReportUA\\_Web\\_1.pdf](http://un.org.ua/images/SDGs_NationalReportUA_Web_1.pdf).
2. OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: *Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en/>

3. Iea. (2020, September 12). *International Energy Agency*. IEA. <https://www.iea.org/>.
4. Gallagher, K. S., Holdren, J. P., & Sagar, A. D. (2006). Energy-Technology Innovation. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 193–237. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144321>
5. Information Technology and Innovation Foundation. (2020.). Clean Energy Innovation. <https://itif.org/issues/clean-energy-innovation>.
6. Brooks, H. (1967). Applied Science and Technological Progress. *Science*, 156(3783), 1706–1712. <https://doi.org/10.1126/science.156.3783.1706>
7. Margolis, R. M. (2002). *Understanding technological innovation in the energy sector: The case of photovoltaics*. Princeton University.
8. Orumbaeva, S. R. (2009). Teploenergetika Kazahstana: nekotoryie aspektyi industrialnoy politiki [Heat power engineering of Kazakhstan: some aspects of industrial policy]. *Materialyi kruglogo stola UIB «Rol molodezhi v sovremennyih integratsionnyih protsessah razvitiya kazahstanskogo obschestva: problemy i perspektivy*. Almaty, 2009. P. 25 – 28 [in Russian].
9. Tkach O., Oleksyuk V. (2016). Enerhetychna bezpeka krainy: umovy zberezhennia ta shliakhy dosiahnennia (innovatsiinyi chynnnyk) [Energy security of the country: conservation conditions and ways to achieve (innovative factor)]. *Vydavnytstvo PP Korolchuk V.F. Ivano-Frankivsk*. 289 p. [in Ukrainian].
10. Gallagher K. S., Grubler A., Kuhl L., Nemet G. & Wilson Ch. (2013). The Energy Technology Innovation System. pp. 137 – 163.
11. Freeman C, Perez C. (1988). Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. 130, pp. 38–66.
12. Colin Cunliff, D. (2019, August 26). The global energy innovation index: National contributions to the global clean energy innovation system. Retrieved September 15, 2020, from <https://itif.org/publications/2019/08/26/global-energy-innovation-index-national-contributions-global-clean-energy>.
13. Trofymenko, O. (2020). Tendentsii rozvytku enerhetychnykh innovatsii v suchasnykh umovakh [Trends in the development of energy innovation in modern conditions]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (22). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-90> [in Russian]
14. Ministry of Energy and Environmental Protection (2020). Kontseptsiia «zelenoho» enerhetychnoho perekhodu Ukrainy do 2050 roku [The concept of "green" energy transition of Ukraine until 2050. Ukraine green deal]. Retrieved September 3, 2020, from [https://mepr.gov.ua/files/images/news\\_2020/21012020/pdf\\_%d0%b7%d0%b5%d0%bb%d0%b5%d0%bd%0%b0%20%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%86%d0%b5%d0%bf%d1%86%d1%96%d1%8f.pdf](https://mepr.gov.ua/files/images/news_2020/21012020/pdf_%d0%b7%d0%b5%d0%bb%d0%b5%d0%bd%0%b0%20%d0%ba%d0%be%d0%bd%d1%86%d0%b5%d0%bf%d1%86%d1%96%d1%8f.pdf) [in Ukrainian].
15. Final report of the high-level panel of the European decarbonisation pathways initiative. (2018, December 03). Retrieved August 15, 2020, from [https://ec.europa.eu/info/publications/final-report-high-level-panel-european-decarbonisation-pathways-initiative\\_en](https://ec.europa.eu/info/publications/final-report-high-level-panel-european-decarbonisation-pathways-initiative_en).
16. Belhaiza, S., & Baroudi, U. (2015). A game theoretic model for smart grids demand management. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(3), 1386-1393. doi:10.1109/tsg.2014.2376632.
17. Jember, A. G., Xu, W., Pan, C., Zhao, X., & Ren, X.-C. (2020). Game and Contract Theory-Based Energy Transaction Management for Internet of Electric Vehicle. *IEEE Access*, 8, 203478–203487. <https://doi.org/10.1109/access.2020.3036415>
18. Wang, Q., & Su, M. (2020). Integrating blockchain technology into the energy sector — from theory of blockchain to research and application of energy blockchain. *Computer Science Review*, 37, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100275>
19. Guo, Z., Ji, Z., & Wang, Q. (2020). Blockchain-Enabled demand Response scheme with individualized incentive Pricing mode. *Energies*, 13(19), 5213. doi:10.3390/en13195213
20. MIT Technology Review. (2021). <https://www.technologyreview.com/>.