

*Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет*

**КАФЕДРА ЕКОНОМІКИ, ПІДПРИЄМНИЦТВА
ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

*Тема: Еколого-економічне дослідження трендів розвитку відновлювальної
енергетики*

*Спеціальність 051 «Економіка»,
освітня програма 8.051.00.11 «Економіка та бізнес-інновації»*

Завідувач кафедри: _____/Карінцева О.І./

Керівник роботи: _____/Маценко О.М./

*Виконавець: _____/Очкуренко С.В./
П.І.Б.*

*Група: _____
Е.мз-01С
шифр*

Суми 2021

Міністерство освіти і науки України

Сумський державний університет

КАФЕДРА ЕКОНОМІКИ, ПІДПРИЄМНИЦТВА
ТА БІЗНЕС-АДМІНІСТРУВАННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри економіки,

підприємництва

та бізнес-адміністрування

_____ О.І. Карінцева

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи магістра

Студента(ки) групи Е.мз-01С, 2 курсу ЦЗДВн —

(найменування інституту)

Спеціальності 051 «Економіка»

Освітня програма 8.051.00.11 «Економіка та бізнес-інновації»

Очкуренко С.В.

Тема індивідуальної роботи: _____

Еколого-економічне дослідження трендів розвитку відновлювальної енергетики

Затверджую наказом по СумДУ № _____ від «___» 20__ р.

Термін здачі студентом закінченої роботи: «___» 20__ р.

Вихідні дані до роботи: __ навчально-методична література, звітність підприємства, нормативні акти, монографії, наукові статті.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробленню) _____

- розглянути теоретичні аспекти розвитку альтернативної енергетики;
- дослідити економічні тренди у розвитку «зеленої» енергетики;
- прогнозувати напрями розвитку сучасних енергетичних тенденцій

Перелік ілюстрацій

Дата видачі завдання: « _____ » _____ 20 ____ р.

Керівник кваліфікаційної роботи магістра ____ к.е.н., доц. Маценко О.М. _

(вч. звання, П.І.Б.)

Завдання прийняв(ла) до виконання: « __ » _____ 20 ____ р. _____

підпис студента(ки)

Примітки:

1. Це завдання підшивається до пояснювальної записки кваліфікаційної роботи магістра.
2. Крім завдання, студент має отримати від керівника календарний графік роботи над кваліфікаційною роботою магістра на період проектування із зазначенням строків виконання окремих етапів.

Зміст

Анотація.....	3
Summary.....	4
Вступ.....	6
Розділ 1. Теоретичні аспекти розвитку альтернативної енергетики.....	7
1.1 Екологічні та економічні чинники розвитку відновлюваної енергетики.....	7
1.2 Розвиток альтернативної енергетики в ЄС та в провідних країнах світу.....	11
Розділ 2. Дослідження економічних трендів у розвитку «зеленої» енергетики	14
2.1 Аналіз економічних трендів у розвитку сонячної та вітрової енергетики	14
2.2 Аналіз ринку відновлювальних джерел енергії	20
Розділ 3. Прогнозування розвитку сучасних енергетичних тенденцій ...	20
3.1 Нові напрями розвитку «зеленої» енергетики	20
3.2 Довгострокові прогнози глобальної енергетики	28
Висновки.....	32
Список використаної літератури.....	33

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра містить стр. 34 тексту, 3 розділи, 4 рисунків, 4 таблиць, список літератури із 27 джерел.

Метою даної роботи є дослідити еколого-економічні тренди розвитку відновлювальної енергетики в умовах Третьої та Четвертої Промислової революції.

Об'єктом даного дослідження є зміни пріоритетів та темпів розвитку відновлювальної енергетики.

В зв'язку з поставленою метою в ході дослідження було виконано наступні завдання:

- розглянути теоретичні аспекти розвитку альтернативної енергетики;
- дослідити економічні тренди у розвитку «зеленої» енергетики;
- прогнозувати напрями розвитку сучасних енергетичних тенденцій.

Ключові слова: енергетика, розвиток, альтернативні джерела енергії.

SUMMARY

The master's qualification work contains 34 pages of text, 3 chapters, 4 figures, 4 tables, a list of references from 27 sources.

The purpose of this work is to investigate the environmental and economic trends in the development of renewable energy in the Third and Fourth Industrial Revolution.

The object of this study is to change the priorities and pace of development of renewable energy.

In connection with the goal in the study, the following tasks were performed:

- consider the theoretical aspects of the development of alternative energy;
- to study economic trends in the development of "green" energy;
- to forecast the directions of development of modern energy tendencies.

Key words: energy, development, alternative energy sources.

Вступ

Енергетична безпека та незалежність є одним із ключових моментів сталого розвитку. У сучасних умовах бурхливого зростання і розвитку технологій все більше уваги приділяється знахід практичні рішення для екологічно чистого та недорогого виробництва енергії. Довго, займалися вчені з різних галузей наукової діяльності всього світу розвиток і використання альтернативних джерел енергії. Частка відновлюваних джерел енергії в виробництво електроенергії в усьому світі неухильно зростає, що свідчить про збільшення використання ст енергія, отримана з альтернативних джерел, таких як, наприклад, вітер і сонце. Ці тенденції свідчать про прагнення споживачів максимально відмовитися від використання викопних джерел енергії та атомних електростанцій можливо, щоб забезпечити подальший розвиток сестри. За нинішніх умов COVID-19 через пандемію попит на електроенергію в усьому світі знизився, однак, як показує дослідження, це пандемія не вплинула на розвиток відновлюваної енергетики. В сучасних умовах до досягнення сталого розвитку необхідні трансформаційні процеси в такій важливій сфері, як енергії. Різноманітні процеси в світовій економіці, що сприяли інтенсивному розвитку с альтернативні джерела енергії, послужили потужним поштовхом до таких змін. Багато країн зробили значний прогрес у розвитку відновлюваної енергетики. Енергетика є базовою ланкою будь-якої економіки. Ціна енергії значною мірою визначає ціну вироблених товарів та послуг. А від екологічності процесів отримання енергії залежить ступінь техногенного навантаження суспільства на природні системи. Таким чином, екологічно обумовлена трансформація енергетики відіграє вирішальну роль у сестейнізації економіки [23, 24, 25, 26, 27].

Відновлювані джерела енергії були єдиним джерелом енергії, попит на який зріс у 2020 році, незважаючи на пандемію, тоді як споживання всіх інших видів палива скоротилося.

Розділ 1. Теоретичні аспекти розвитку альтернативної енергетики

1.1 Екологічні та економічні чинники розвитку відновлюваної енергетики

Відновлювані джерела енергії мають багато незаперечних переваг. По-перше, їх багато більш екологічно чисті, ніж традиційні методи виробництва енергії на основі спалювання викопного палива. Однак, крім того, вони мають деякі безсумнівні якості, які вигідно відрізняють їх від представників традиційної енергетики.

По-перше, відновлювані джерела енергії характеризуються стабільністю та відносною невичерпністю, що дозволяє їм забезпечити стабільний режим роботи енергетичних систем, а разом з ними, всю економіку. Робота сонця і вітру характеризується стабільною регулярністю. Там вже є технічними рішеннями, які забезпечують роботу ВЕС при мінімальному вітрі швидкість і навіть повний спокій. Ще більш стабільним джерелом є геотермальне тепло. В у поєднанні з ефективними засобами накопичення та зберігання енергії ці джерела забезпечують, а стабільний режим роботи енергосистеми як в частині енергопостачання, так і в плані ціна за вироблену енергію. Це дає змогу встановити стабільне регулювання процедура (диверсифікація відпускних цін залежно від часу доби та сезонності споживання).

Сам характер енергетики, заснованої на спалюванні викопного палива, обумовлює надзвичайно нестійкий режим поведінки економічних систем. Цей недолік дозволяє подолати відновлювана енергетика. За умов достатньо розвиненої власної інфраструктури (акумуляційні системи, «розумні» мережі розподілу енергії, ін.) вона досить легко може не тільки забезпечити стабільний режим поставок електроенергії, але і впоратися з проблемами істотних коливань споживання енергії протягом добових і тижневих періодів часу. Це, як відомо, створює досить серйозні труднощі для традиційної енергетики.

У березні 2011 року сталася ще одна подія, яка підштовхнула країни ЄС до активізації робіт з реалізації Т.п.р. Такою подією стала одна з найбільших у сучасній історії радіаційна катастрофа (максимального 7-го рівня за Міжнародною шкалою ядерних подій) на АЕС Фукусіма-1 (Японія). Саме вона змусила терміново переглянути стратегічні плани розвитку ЄС.

У багатьох країнах Євросоюзу частка електроенергії, що вироблялася на атомних електростанціях, становила в середньому від 30 до 40 %, в окремих країнах вона становила більше половини національної електроенергії (Бобылёв , 2016; Одессер, 2016). Шок від японської катастрофи був настільки сильним, що змусив шукати заміну енергетичному атому. Європа не мала достатньо природних паливних енергоресурсів для такої компенсації. Проблема могла бути вирішена лише через інтенсифікацію використання відновлюваних джерел енергії. Це і дало старт системному явищу під назвою «Третя промислова революція».

Іншою відмінною рисою відновлюваних джерел енергії можна вважати їх відносну *економічність*. Вона обумовлена тим, що вартісні показники виробництва альтернативної енергії мають одну чудову особливість. В її собівартості практично відсутні (або наближаються до нуля) *змінні витрати*. Це справедливо щодо більшості видів відновлюваної енергії, за винятком хіба що біогазової.

Економісти знають, що до змінних витрат належать ті види, які реагують на зміни обсягів виробництва продукції. Наприклад, для традиційної енергетики (чи то теплової, чи атомної електростанції) операційні витрати виробництва зростають зі зростанням обсягу виробленої електроенергії. Адже з кожною виготовленою кВт-годиною електроенергії необхідно більше платити за придбання палива і людську працю, що забезпечує виробничий процес.

Сонячний, вітровий або геотермальний генератори не потребують палива. Джерелами їх роботи безкоштовно служать сили природи. Так само і праця людини при їх роботі ніяк не пов'язана з обсягом виробленої енергії. Вона

спрямована передусім на усунення можливих неполадок. За винятком початкових витрат (інвестицій) на установку генератора саме вироблення електричної або теплової енергії обходиться безкоштовно.

Як бачимо, «зелена» енергетика (сонце, вітер, геотермальне тепло, приливна енергія) дозволяє взагалі обходитися без палива і хімічних процесів його спалювання. Це означає, що з виробничих циклів виключаються цілі галузеві ланки, які забезпечують: видобуток викопних ресурсів, рекультивацію порушених ландшафтів, транспортування сировини (вагонами/сухогрузами – у разі вугілля або цистернами/трубопроводами/танкерами – у разі нафти і газу), спалювання палива в електростанціях; виготовлення очисного обладнання і утилізацію відходів, а також процеси створення машинобудівних і будівельних підприємств, де формуються потужності для реалізації всіх згаданих процесів. Хоча, безумовно, не можна забувати, що створення самих установок для генерування відновлюваної енергії теж не може обійтися без значних витрат. Необхідно пам'ятати також про ті витрати, які знадобляться для утилізації генераторів альтернативної енергетики, коли вони будуть вичерпувати терміни своєї роботи. Втім, при значних обсягах відпрацьованих генераторів, ця робота може бути поставлена на потік. Це буде істотно полегшено, якщо процеси розроблення та утилізації генераторів будуть передбачені конструктивно при проектуванні самих генераторів.

Все ж необхідно визнати, що майже всі напрямки відновлюваної енергетики, зокрема сонячна та вітрова, забезпечують виробництво енергії з мінімальними витратами праці на стадії їх експлуатації. Американський економіст Дж. Ріфкін назвав це явище енергією «з нульовими змінними витратами». Крім того, порівняно з вуглецевою і атомною енергетикою при експлуатації відновлюваних джерел енергії практично виключаються витрати, матеріалізовані у видобуток і перероблення вихідних енергоносіїв (Ріфкін, 2016).

На рубежі 2015–2016 років середньосвітова вартість виробництва одиниці енергії в альтернативній енергетиці вже зрівнялася з такими самими показниками в традиційній енергетиці.

Адміністрація США по Інформації в енергетиці (EIA) виконала прогноз питомих витрат на виробництво 1 МВт-год електроенергії на період до 2022 для різних джерел енергії за умови, що вона буде отримана на новозбудованих потужностях. У прогнозі враховувалася динаміка (за 30 років) приведених показників повної вартості (LCOE) по всьому виробничому циклу (табл. 1.1).

При цьому необхідно врахувати, що завдяки технічному прогресу питомі витрати на одиницю встановленої потужності в альтернативній енергетиці стрімко знижуються. Наприклад, тільки з 2016-го до 2018 року вартість виробництва одиниці сонячної енергії скоротилася майже на 50 %, а вітрової – майже на 35 % (New Energy, 2016; Shahan, 2016; Weaver, 2016; Mokhtar, 2019). І це відбувається при нескінченних джерелах відновлюваної енергії.

Зовсім інша перспектива спостерігається для традиційної енергетики. Її технічна основа знаходиться вже на межі вдосконалення і поліпшення питомих економічних показників. Це в той час, як природні умови видобутку викопних енергоносіїв постійно погіршуються через виснаження запасів природної сировини. «Сланцева революція» може лише уповільнити процес об'єктивного подорожчання традиційної енергії. Зупинити його неможливо.

Таблиця 1.1. – Показники приведених питомих середньосвітових витрат (LCOE) виробництва енергії з різних джерел (Solar, 2020)

Тип виробничої потужності	Повна приведена вартість, USD/МВт-год (USD/MWh)
Офшорні ВЕС	138,0
Вугільні е/с з 30 % залишковим змістом CO ₂	130,1
Вугільні е/с з 90 % залишковим змістом CO ₂	119,1
Електростанції на біомасі	95,3
Сучасні АЕС	92,6
Газові е/с (з уловлюванням CO ₂)	74,9
Фотовольтажні (PV) СЕС	63,2
ГЕС	61,7
Наземні ВЕС	59,1
Газові (без уловлювання CO ₂)	50,1
Геотермальні	44,6

Ще однією перевагою відновлюваних джерел енергії є їх розподіленість. На відміну від джерел палива традиційної енергетики, якими володіють одиниці, відновлювані джерела енергії доступні більшості жителів планети. Причому це стосується не тільки повсюдної фізичної наявності самих джерел енергії (сонця, вітру, геотермального тепла), але і економічних можливостей самого генерування енергії. Вже сьогодні багато домовласників можуть собі дозволити мати свою власну електростанцію, що задовольняє їхні потреби в електроенергії. Завтра це буде доступно мільйонам, а післязавтра – мільярдам мешканців Землі.

Один з ідеологів здійснення Т.п.р. революції в Європі Дж. Ріфкін у своїх працях неодноразово підкреслював необхідність системної реалізації усіх п'яти напрямків (принципів), згаданих на початку цього підрозділу. Реалізація будь-якого з них у відриві від інших значно знижує ефективність проведення заходів.

1.2 Розвиток альтернативної енергетики в ЄС та в провідних країнах світу

Про те, що альтернативна енергетика давно вже перейшла з існуючих на папері планів в реальну дійсність, переконливо свідчать численні цифри і факти.

Шляхи сестейнізації енергетичного сектора пов'язані з трьома основними напрямками в використанні енергії: 1) генерування електроенергії; 2) опалення і охолодження приміщень; 3) приведення в рух транспорту. Збільшення частки відновлюваної енергії по кожному з цих напрямів пов'язаний з вирішенням складних технічних проблем, які носять системний характер. Зокрема, перший напрямок пов'язаний з розробкою технічних засобів генерації електроенергії і систем довгострокового зберігання (акумулявання) енергії. Другий напрямок потребує вирішення комплексу інженерних, архітектурних та містобудівних завдань. Третій напрям

обумовлює розробку інженерних рішень електрифікації та водневізації транспорту.

Як приклад можна назвати показники частки відновлюваної енергії за зазначеними трьома напрямками в Швеції, яка є лідером сестейнової політики серед європейських країн. У 2017 році загальна частка відновлюваної енергії в загальному енергетичному балансі країни склала 55 %. Ця середня по країні цифра забезпечувалася такими показниками по окремим напрямкам: 69 % – в процесах обігріву та охолодження приміщень, 66 % – в електрогенеруванні; 27 % – на транспорті (Energy in Sweden, 2020).

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства, близько 70 % всієї нової електрогенерації в найближчі 5 років буде здійснюватися за рахунок поновлюваних джерел. Їх сумарна частка в світовому виробництві електроенергії виросте з 25,0 % до 29,4 % (з урахуванням гідрогенерації), а у виробництві тепла для обігріву – з 10,8 % до 11,0 %; (Китай делает, 2020).

Автори звіту відзначають стрімкий ривок Індії, яка збільшила частку сонячної і вітрової генерації з 3 % у 2015 році до 10 % в 2020 (Global, 2020; Jones et al., 2020). У США і ЄС частка вугільної генерації впала за п'ять років відповідно на 31 % і 32 % (Calma, 2020). Від себе додамо, що ще більш істотних успіхів домоглася альтернативна енергетика України, яка збільшила за п'ять років свою частку в електрогенерації з 1,5 % в 2015 р до 8,6 % в 2020 році.

Значних успіхів досягнув ЄС, який ставив перед собою амбітне завдання підвищити частку генерації з поновлюваних джерел енергії (без урахування ГЕС) до 20 %. На ділі тільки вітрова та сонячна генерації забезпечили частку виробництва електроенергії в 2020 році 21 % (Jones et al., 2020). Всього ж у ЄС з урахуванням гідроенергетики частка поновлюваних джерел енергії зросла в 2020 році до 40 %, перевищивши частку електрогенерації на основі викопного палива (вугілля, газ, нафта), яка в 2020 році склала лише 34 % (King, 2020). В окремих країнах (Австрія, Німеччина, Великобританія, Норвегія, Португалія, Швейцарія, Швеція) результати ще більш вражаючі.

Розділ 2 Дослідження економічних трендів у розвитку «зеленої» енергетики

2.1 Аналіз економічних трендів у розвитку сонячної та вітрової енергетики

Однією з вирішальних сфер боротьби «зеленої» енергетики за своїх споживачів є економічна. Саме ціна за одиницю виробленої енергії найчастіше є визначальним фактором при прийнятті рішень на користь розвитку даного виду енергії.

Зниження ціни на відновлювану енергію відбувається постійно. Лише за один рік (з 2018 по 2019 р.) середньосвітова ціна «зеленої» електроенергії впала: по сонцю на 26 %, біоенергії – на 14 %, наземним ВЕС – на 13 %, гідроенергії – на 12 %, геотермальним станціям та офшорним ВЕС – на 1 % (The cost, 2019).

На більшості новозбудованих електростанціях в 2019 році ціна електроенергії на фотосонячних (pv) і наземних вітрових електростанціях була більш ніж на 75 % дешевшою за ціну електроенергії, отриманої на нових електростанціях, які працюють на вугіллі, мазуті і газі (The cost, 2019).

Досягнення лідерів змушують слідувати за ними і іншим представникам сектору виробників відновлюваної енергії, підвищуючи ефективність виробничих технологій і знижуючи питомі виробничі витрати.

Набагато більший інтервал коливання питомих витрат мають електростанції, що працюють на біомасі. І це цілком зрозуміло, тому що вони істотно відрізняються технологіями, видом біомаси та умовами роботи. Проте, і тут найдешевші з установок починають випереджати за вартісними показниками паливні електростанції: 0,05–0,25 USD / кВт-година (Dudley, 2019). Але навіть найдорожчі з цих електростанцій за прямими показниками отримання електроенергії, як правило, мають цілий комплекс супутніх ефектів

(зниження забруднення, отримання корисної біомаси, вилучення води та ін.), які значно виправдовують їх роботу.

Наведені цифри переконують, що 2019 рік був в певній мірі переломним, коли вартість «зеленої» енергії зрівнялася з вартістю традиційної, заснованої на спалюванні органічного палива. Середньосвітові питомі витрати виробництва електроенергії на нових електростанціях, що працюють на викопному паливі (мазут, вугілля, газ), в 2019 році коливалися в межах 0,05–0,15 USD / кВт-год. Починаючи з 2020 року, середньосвітова вартість відновлюваної енергії стала нижче традиційної (Dudley, 2019).

Насправді за своїми еколого-економічними показниками «зелена» енергетика вже давно перевершила паливну. Адже до виробничих витрат в останній слід додати розмір економічних збитків, обумовлених впливом на природне середовище (додаткові витрати від погіршення здоров'я людей, втрати в лісовому та сільському господарстві, додаткові витрати в комунальному господарстві та промисловості, ін.). За оцінками економістів, величина еколого-економічних збитків становить від 20 до 40 % виробничих витрат в енергетиці (Балацкий и др., 1982; Балацкий и др., 1986). Причому ці оцінки ще не враховують наслідки «парникового» забруднення атмосфери і порушення клімату планети. З кожним роком переваги «зеленої» енергетики будуть все більш очевидними. Як бачимо, час уже почав працювати на «зелену» енергетику.

У сонячній енергетиці було сформульоване емпіричне правило, що отримало назву «закон Свансона». Річард Свансон (Richard Swanson), засновник Sun Power Corporation, встановив тенденцію зниження вартості сонячних батарей (фотоелектричних елементів) на 20 % при кожному подвоєнні потужності панелей (Литвинова, 2018).

Саме така закономірність вимальовується при аналізі цифр за 35-річний період. Зокрема, з 1977 року по 2013 рік середня ціна на фотоелектричні елементи в світі знизилася з 74,67 USD до 0,74 USD за 1 кВт встановленої потужності (там же). Фактично кожні три роки вартість

сонячних батарей знижувалася наполовину. а це значить, що питомі витрати знижувалися на 14 % за рік, і ця закономірність стійко спостерігалася десятиліттями.

Як приклад можна навести дані щодо динаміки вартості фотоелектричної енергії в США (рис. 2.1). Один долар на одиницю встановленої потужності фотоелектричних панелей в 2020 році трансформується в 0,025-0,040 USD / кВт-год електроенергії, що вже дешевше традиційної енергії, виробленої на паливних електростанціях у 2020 році, навіть при аномально низьких цінах на енергоносії (Hunt, 2020).

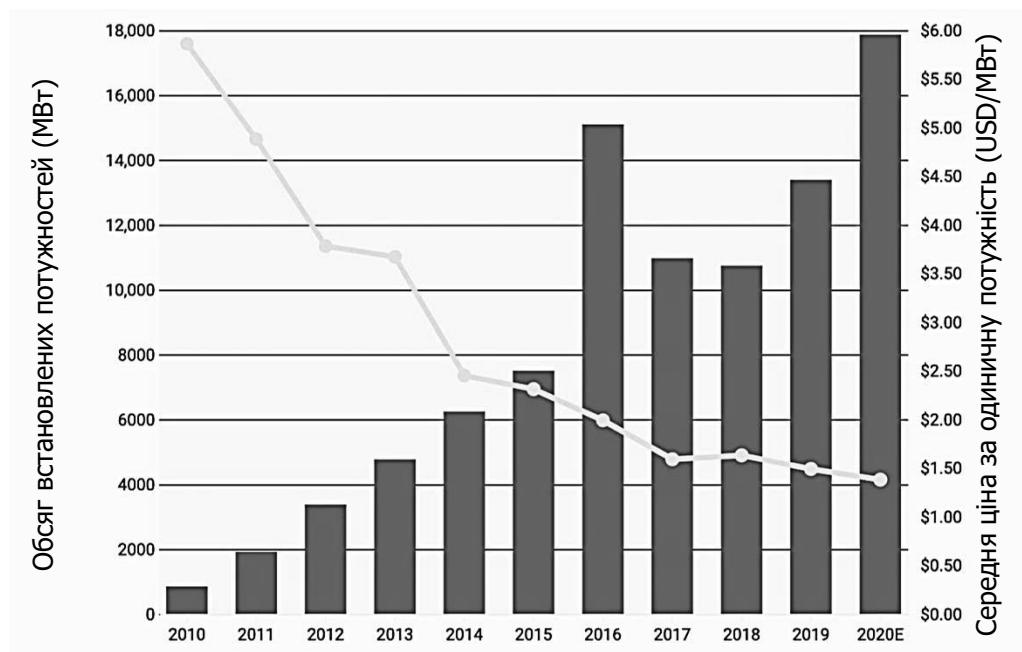


Рисунок 2.1 – Динаміка зниження питомих показників вартості одиниці встановленої потужності фотоелектричних панелей і зростання відповідних потужностей в США (Hunt, 2020)

Засновані на законі Свансона загальні оцінки вартісних показників виробництва сонячної енергії показані в таблиці 9.2.

Таблиця 2.1 – Показники динаміки розвитку сонячної енергетики за даними компанії Bloomberg New Energy Finance (BNEF) (Will solar, 2020)

Показник	Значення
1	2
Зниження питомої вартості модулів фотосонячних (pv) панелей з 2010 по 2020 рік	90 %
Передбачуване зниження середньої питомої вартості pv модулів до 2030 року	34 %
Передбачуване зниження середньої питомої вартості pv модулів до 2050 року	63 %
Передбачуване значення питомої вартості 1 кВт-год сонячної (pv) енергії до 2050 р., USD / кВт-година	0,025
Зниження ціни за одиничну потужність акумуляційних батарей з 2010 по 2020 рік	84 %
Передбачувана частка сонячної енергії, виробленої в приватних домогосподарствах, в загальному обсязі електроенергії, виробленої в світі в 2050 р	11 %
Кратність збільшення обсягу сонячної енергії, виробленої в США, до 2025 року, раз	2
Частка відновлюваної енергії в загальносвітовому виробництві енергії (50 % – сонце, 50 % – вітер) до 2050 р.	50 %
Зниження вартості великомасштабних акумуляційних систем енергії до 2050 р	64 %
Загальна встановлена потужність крупномасштабних акумуляційних систем енергії до 2050 р.	360 ГВт
Частка вугільної електрогенерації до 2050 р (скорочення вдвічі в абсолютному значенні в порівнянні з 2020 р.)	12 %

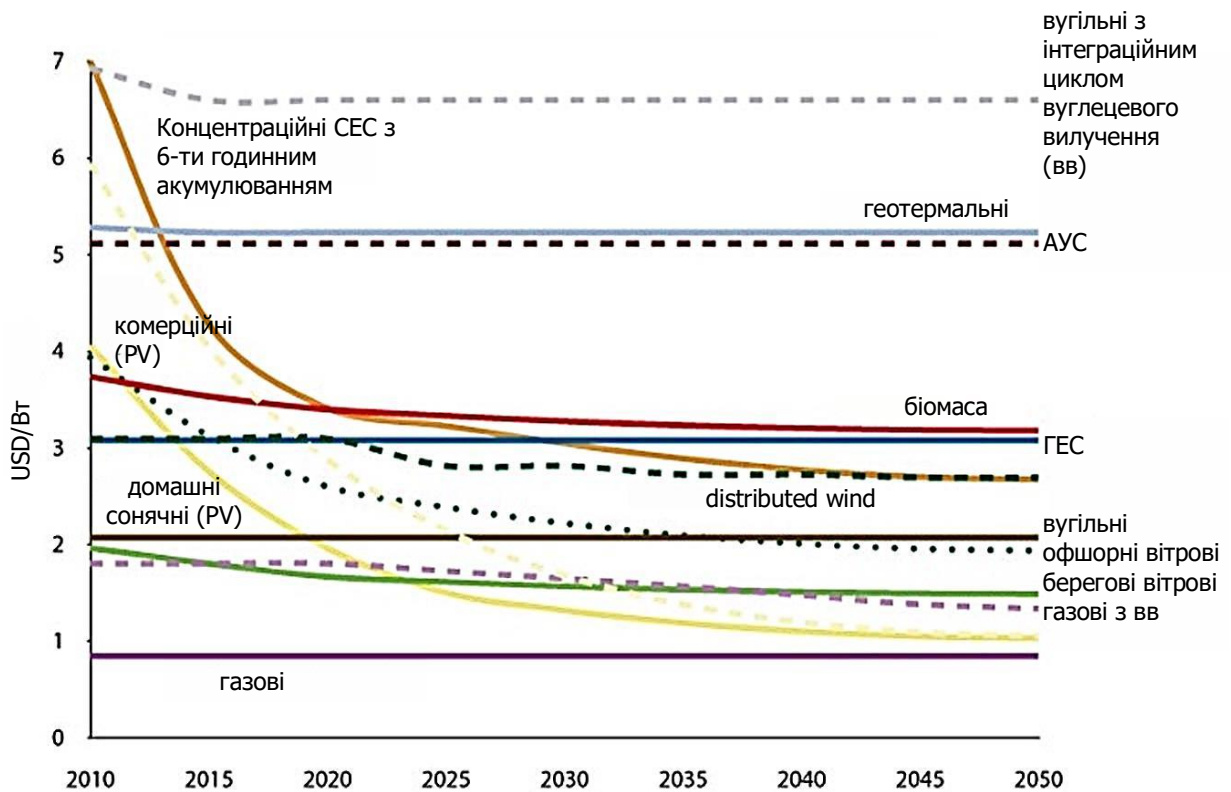


Рисунок 2.2 – Динаміка питомих витрат на одиницю встановленої потужності (в тому числі, прогноз після 2020 року) за видами отримання електроенергії (Mokhtar, 2019)

Подібна тенденція зниження питомої вартості встановленої потужності спостерігається також для ВЕС і навіть для біогазових установок, що можна бачити з графіків на рис. 9.3 (Mokhtar, 2019). Зокрема, для наземних вітрових електростанцій при кожному подвоєнні сукупної потужності ВЕС відбувається скорочення вартості встановленої потужності на 17 % (Kellner, 2019). Для традиційних паливних видів енергії такої закономірності не простежується.

Однак на відміну від «зеленої» енергетики, паливні електростанції рано чи пізно зіткнуться зі зростанням витрат на видобуток енергоносіїв (шахти – все глибше, умови видобутку – все гірше, райони видобутку – все далі, економічні вимоги – все жорсткіші). Відновлювані джерела енергії взагалі не споживають паливо як енергоносії. Енергія у них забезпечується безпосередньо відтворенням природи.

Окремою сторінкою формування альтернативної енергетики є суперництво двох напрямків її розвитку, заснованих на створенні концентрованих (у просторі) і деконцентрованих (розподілених) електростанцій.

Перший орієнтується на концентрацію виробничих енергетичних одиниць (сонячних панелей або вітрогенераторів) на одній території. При цьому відбувається не тільки територіальна, а й суб'єктна концентрація. Іншими словами, виробничі потужності концентруються в руках одного, нехай навіть і колективного, власника (юридичної особи). За цим напрямком йдуть країни, що мають достатньо вільних територій. Для сонячної енергетики – це зазвичай пустельні території (Китай, Індія, Австралія, Африканські країни, США), для вітрової – прибережна морська зона (Японія, Велика Британія, Нідерланди, Німеччина). У таблицях 2.2 і 2.3 показані найбільші в світі СЕС і ВЕС.

Таблиця 2.2 – Найбільші в світі СЕС (The world's, 2020; Бельчикова, 2020)

Назва СЕС	Потужність, МВт
Bhadla Park, Індія	2 245
Solar Park, Китай	2 200
Tengger Desert Solar Park, Китай	1 547
Sweihan Photovoltaic Independent Power Project, ОАЕ	1 177
Yanchi Ningxia Solar Park, Китай	1 000
Datong Solar Power Top Runner Base, Китай	1 070
Kurnool Ultra Mega Solar Park, Індія	1 000
Longyangxia Dam Solar Park, Китай	850
Enel Villanueva PV Plant, Мексика	828
Kamuthi Solar Power Station, Індія	648
Solar Star Projects, США	579
Topaz Solar Farm / Desert Sunlight Solar Farm, США	550

Таблиця 2.3 – Найбільші в світі ВЕС (Топ 10, 2020)

Назва ВЕС	Потужність, МВт
1	2
Jiuquan Wind Power Base, Китай	2 000
Jaisalmer Wind Park, Індія	1 600
Alta Wind Energy Centre, США	1 548
Muppandal Wind Farm, Індія	1 500
Shepherds Flat Wind Farm, США	845
Roscoe Wind Farm, США	782
Horse Hollow Wind Energy Centre, Texas, США	736
Capricorn Ridge Wind Farm, Texas, США	662
Walney Extension Offshore Wind Farm, Велика Британія	650
London Array Offshore Wind Farm, Велика Британія	630

Другий напрямок пов'язаний з деконцентрацією джерел енергії, тобто розподілом окремих потужностей як по території, так і за формами власності. Наприклад, окремі панелі або вітрогенератори можуть належати різним домовласникам. Концентрація ж виробленої енергії відбувається вже на завершальній стадії завдяки створенню єдиної енергетичної системи (ЕнерНет), яка буде вирішувати всі економічні та технічні проблеми виробництва і споживання енергії. Цим шляхом йдуть більшість європейських країн і Японія.

Перехід на відновлювані джерела енергії має надзвичайне значення для більшості країн. Це є одним з найважливіших кроків до забезпечення їх енергетичної незалежності і подальшої реструктуризації господарських систем в напрямку формування «зеленої» економіки. Відрадно, що поряд з іншими країнами свої зусилля в цьому робить і Україна.

2.2 Аналіз ринку відновлювальних джерел енергії

Згідно з останнім звітом Міжнародного енергетичного агентства про ринок відновлюваних джерел енергії, 2021 рік має побити світовий рекорд зростання відновлюваної енергії. І це незважаючи на різке зростання цін на сировину, що може перешкодити переходу на чисту енергію в майбутньому.

Оскільки до кінця року очікується введення в експлуатацію 290 ГВт додаткової потужності, 2021 рік поб'є рекорд зростання електроенергії з відновлюваних джерел, який був щойно встановлений минулого року. Цьогорічні доповнення навіть випереджають прогноз, зроблений навесні Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) .

«Надзвичайно високий ріст» був би «новою нормою» для відновлюваних джерел електроенергії, заявило тоді МЕА . Зокрема, сонячна енергетика була на шляху до того, щоб стати «новим королем електроенергії», повідомляє МЕА у звіті World Energy Outlook за жовтень 2020 року .

СОНЯЧНА ПРОДОВЖУВАЛА ДОМІНУВАТИ

Solar продовжувала домінувати в 2021 році з очікуваним рекордним зростанням майже 160 ГВт. Він склав більше половини всіх потужностей відновлюваної енергії, доданих цього року, і ця тенденція, на думку МЕА, збережеться протягом наступних п'яти. Згідно з новим звітом, відновлювані джерела енергії, ймовірно, становитимуть 95 відсотків нових потужностей у всьому світі до 2026 року. МЕА також прогнозує вибухове зростання потужності офшорної вітрової енергії, яка може збільшитися більш ніж втричі за той же період часу.

До 2026 року, за словами МЕА, кількість відновлюваної електроенергії в усьому світі, ймовірно, буде еквівалентна сучасній потужності викопного палива та ядерної енергії разом узятих. Це величезний зрушення. У 2020 році відновлювані джерела енергії становили лише 29 відсотків виробництва електроенергії у всьому світі.

Тим не менш, у новому прогнозі МЕА щодо відновлюваних джерел енергії є деякі темні хмари. Зростання цін на товари, судноплавство та енергію загрожує раніше рожевим перспективам щодо відновлюваної енергії. За даними МЕА, вартість полікремнію, який використовується для виготовлення сонячних панелей, з початку 2020 року зросла більш ніж у чотири рази. Інвестиційні витрати на наземні вітряні та сонячні електростанції комунального господарства зросли на 25 відсотків у порівнянні з 2019 роком.

Це може затримати завершення нових проектів у сфері відновлюваної енергії, на які вже укладено контракт.

Згідно з окремим аналізом Rystad Energy, більше половини нових сонячних проектів загального масштабу, запланованих на 2022 рік, можуть зіткнутися із затримками або скасуваннями через більш високі ціни на матеріали та доставку .

ПЕРЕХІД НА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ МАЄ ЗНАЧНО ПРИСКОРИТИСЯ, ЩОБ ЗАДОВОЛЬНИТИ МАСШТАБИ КЛІМАТИЧНОЇ КРИЗИ

Якщо ціни на товари залишаться високими протягом наступного року, це може стерти три-п'ять років досягнення сонячної та вітрової енергії відповідно, коли справа доходить до доступності. Різке падіння цін на фотоелектричні модулі за останні кілька десятиліть сприяло успіху сонячної енергії. Витрати на сонячну енергію впали з 30 доларів за ват у 1980 році до 0,20 доларів за ват у 2020 році. До минулого року сонячна енергія вже була найдешевшим джерелом електроенергії в більшості частин світу.

Однак відновлювані джерела енергії не відстали, оскільки зростають витрати на всі види енергії. «Високі ціни на товари та енергію, які ми бачимо сьогодні, створюють нові виклики для промисловості відновлюваних джерел енергії, але високі ціни на викопне паливо також роблять відновлювані джерела енергії ще більш конкурентоспроможними», – сказав виконавчий директор МЕА Фатіх Біроль у сьогоднішньому прес-релізі .

Тим не менш, перехід на відновлювані джерела енергії має значно прискоритися, щоб задовольнити масштаби кліматичної кризи. Згідно з величезною кількістю досліджень, викиди парникових газів від спалювання викопного палива повинні практично зникнути до середини століття, щоб уникнути катастрофічних змін клімату . Щоб це сталося, нові потужності відновлюваних джерел енергії повинні зростати майже вдвічі швидше, ніж передбачає МЕА протягом наступних п'яти років, зазначає агентство.

Розділ 3. Прогнозування розвитку сучасних енергетичних тенденцій

3.1 Нові напрями розвитку «зеленої» енергетики

Фактори впливають на потребу в енергії?

Заходи боротьби з пандемією, швидкість/обсяг економічного відновлення, наслідки урядових планів стимулювання, зміни в подорожах і торгівлі, зміни в імпорті/експорті енергоносіїв США, тенденції виробництва нафти та природного газу та ціни на паливо.

Чи зростає світовий попит на енергію?

У країнах, що розвиваються, зростання населення, більший доступ до джерел енергії та вищий рівень життя призведуть до збільшення споживання енергії. Це, ймовірно, призведе до зростання світового попиту на енергію на 20% до 2040 року.

Що таке зелений водень?

Зелений водень давно вважався одним із ключів до різкого скорочення глобальних викидів CO₂. Зелений водень виробляється електролізом на відновлюваних джерелах енергії. Ми можемо очікувати, що зелений водень стане конкурентоспроможним за ціною та відіграє більшу роль у нашій енергетичній промисловості.

Які тенденції відновлюваної енергетики до 2021 року?

Зелений водень зростатиме, а відновлювані джерела енергії будуть відновлюватися, оскільки заходи щодо карантину будуть послаблені.

Ми наближаємося до кінця важкого року, коли COVID-19 порушив життя та економіку по всьому світу. Пандемія сильно вплинула на ринок енергоресурсів, і оскільки блокування, можливо, доведеться продовжити до 2022 року, збої, ймовірно, триватимуть.

Прогнозувати тенденції енергетичного ринку, навіть у короткостроковій перспективі, ніколи не буває легко. Коронавірус зробив майбутнє як відновлюваних джерел енергії, так і ринків викопного палива ще

більш туманним. Наприклад, у квітні ціна на нафту впала до -37,63 дол. за барель, і хоча з тих пір вона повернулася до 40 дол. за барель, важко передбачити, що точно станеться з нафтовим бізнесом. Тим часом індустрія відновлюваних джерел енергії зіткнулася з власними проблемами: проекти, виробництво та монтаж було призупинено.

Отже, що ми можемо очікувати в наступному році? На основі досліджень Управління енергетичної інформації (EIA) та Міжнародного енергетичного агентства (IEA) ми склали список найпопулярніших тенденцій у сфері відновлюваної та невідновлюваної енергетики, які слід спостерігати у 2021 році.

Фактори, що впливають на енергію (і попит на енергію)

Перш ніж перейти до енергетичних тенденцій, давайте подивимося на деякі змінні, які вплинуть на ринок енергії в наступному році:

- Заходи боротьби з пандемією, наприклад, блокування, і наскільки вони продовжують роботу з дому, покупки в Інтернеті та інші «нові нормальні» поведінки
- Швидкість/обсяг економічного відновлення, включаючи рівень зайнятості, наявний дохід та придбання нових транспортних засобів
- Наслідки державних планів стимулювання
- Зміни в подорожах, торгівлі тощо.
- Зміни в імпорті/експорті енергії США, наприклад, нафти, природного газу, електроенергії, вугілля
- Капітальні інвестиції та тенденції видобутку нафти та природного газу
- Зміни попиту на продукцію нафтопереробного заводу та реакції
- Функціонування електроенергетичної системи, наприклад, зміни термінів, попиту та тарифів
- Ціни на паливо

Енергетичні тенденції: відновлювані джерела енергії

Незважаючи на глобальну пандемію, наш клімат продовжує змінюватися, а потреба в чистих джерелах енергії залишається високою.

1. Зростання зеленого водню

Зелений водень давно вважався одним із ключів до різкого скорочення глобальних викидів CO₂. Зелений водень виробляється електролізом на відновлюваних джерелах енергії. Оскільки ціна на електроенергію з відновлюваних джерел продовжує падати, ми можемо очікувати, що зелений водень стане конкурентоспроможним за вартістю та відіграє більшу роль у нашій енергетичній галузі.

2. Відновлювані джерела енергії відновляться

Багато відновлюваних джерел енергії очікується, що проекти, наприклад сонячні та вітрові, які були відкладені через пандемію, будуть введені в дію у 2021 році і призведуть до відновлення потужностей відновлюваної енергії. У результаті ми можемо очікувати, що рівень потужності 2021 року наблизиться до рівня 2019 року, до початку пандемії. При цьому сукупне зростання відновлюваних джерел енергії у 2020 та 2021 роках буде майже на 10% нижчим, ніж раніше прогнозував МЕА. Очікується, що нові фотоелектричні установки частково повернуться в 2021 році, хоча розподілені фотоелектричні установки постраждали більш серйозно і не відновляться повністю. Наземні вітрові установки також постраждали від затримок з введенням в експлуатацію, хоча їм пощастило – більшість проектів були в розробці до коронавірусу, вони вже фінансуються та будуються. нарешті,

3. Транспортне біопаливо буде слідувати тенденціям бензину/дизельного палива

Covid-19 справив значний вплив на світовий ринок біопалива, оскільки карантинні заходи знизили економічну активність і потребу в транспортному паливі. Оскільки попит на бензин і дизельне паливо падає, падає і споживання біопалива. Причина цього полягає в тому, що багато політик вимагають

попередньо визначеної кількості біопалива для поєднання з газом і дизельним паливом. Якщо кількість випадків коронавірусу зменшиться, а карантинні заходи будуть скасовані в усьому світі, біопаливо відновиться разом із аналогами з викопного палива. EIA щедро прогнозує, що в такому випадку виробництво біопалива може повернутися до рівня 2019 року. Однак ці рівні на 5% нижчі, ніж обсяг виробництва у 2021 році, який вони прогнозували до того, як спалахнув Covid-19.

Енергетичні тенденції: викопне паливо

1. Виробництво електроенергії залишиться низьким

У своєму липневому STEO EIA виявила, що загальне виробництво електроенергії впаде на 6% у 2020 році, а потім зросте менше ніж на 1% у 2021 році. Це зниження виробництва електроенергії частково пов'язане з невизначеністю економічної ситуації та попитом після пандемії. На додаток до цього, стан ланцюгів поставок компонентів, а також добробут і розмір будівельної робочої сили вплинуть на будівництво нових генеруючих потужностей у багатьох частинах Сполучених Штатів.

2. Видобуток нафти знизиться до 2021 року

Що стосується нафти, то наслідки карантину та обмежень через COVID-19 були переважно шоком з боку попиту. Однак, як і у випадку з електроенергією, невизначеність навколо попиту на нафту після пандемії призвела до невизначеності пропозиції. До пандемії нафтова галузь вже переживала важкі часи і прагнула поклатися на капітал із грошових потоків, а не на боргові та власний капітал. (Вагомою причиною цього був зростаючий тиск, спрямований на перехід на відновлювані джерела.) Пандемія зробила ситуацію для виробників нафти ще більш жахливою: ціни на нафту різко впали (див. вступ). EIA очікує, що видобуток нафти продовжуватиме повільно знижуватися до березня 2021 року, при цьому видобуток досягне найнижчого рівня на рівні 10,7 мільйона баррелів на добу. Видобуток може помірно зрости до кінця 2021 року через зростання цін на нафту (очікується, що середньорічний видобуток сирої нафти становитиме 10. 9 мільйонів б/д у 2021

році). У зв'язку з цим зниженням, за оцінками ЕІА, США знову стануть чистим імпортером сирої нафти.

3. Зріджений природний газ постраждає від довготривалих ринкових наслідків

Хоча ЕІА очікує, що експорт скрапленого природного газу (СПГ) США повернеться до рівня до пандемії до другої половини 2021 року, слідкуйте за тривалими ринковими ефектами, які можуть знизити експорт СПГ. Наприклад, липневий STEO ЕІА оцінює, що зниження світового попиту на природний газ внаслідок карантину та поганого цінового середовища призведе до скорочення експорту СПГ із США. ЕІА прогнозує, що вплив COVID-19 на попит на природний газ буде відчуватися в основному в промисловому секторі. Промисловий попит на природний газ дуже чутливий до макроекономічних умов, і економічні порушення, викликані пандемією, сильно вплинули на промисловий попит на природний газ.

4. Споживання вугілля залежатиме від ціни на природний газ

Видобуток вугілля в США продовжує падати, в основному через зниження попиту. Фактично кілька великих виробників назавжди закрили свої шахти. При цьому ЕІА очікує, що споживання вугілля трохи зросте у 2021 році через загальне відновлення економіки, збільшення виробництва електроенергії та зростання цін на природний газ. Очікується, що ціни на вугілля зростуть у 2021 році до \$2,04/ММБт. Ціни на вугілля в США пов'язані з ринком природного газу – якщо ціни на природний газ повернуться до рівня до пандемії (або близько до нього), споживання вугілля в США зросте, що зміцнить ціни. Проте, якщо ціни на природний газ залишаться низькими, ми можемо зробити ставку на зниження споживання вугілля в США.

3.2 Довгострокові прогнози глобальної енергетики

1. Світовий попит на енергію зросте на 20% до 2040 року

У країнах, що розвиваються, зростання населення, більший доступ до джерел енергії та вищий рівень життя призведуть до збільшення споживання енергії. Це, ймовірно, призведе до зростання світового попиту на енергію на 20% до 2040 року. Очікується, що Китай та Індія будуть джерелами приблизно половини цього зростання.

2. Світовий попит на електроенергію зросте на 60%

Ті самі фактори, що спричиняють попит на енергію, будуть також стимулювати попит на електроенергію в усьому світі. Очікуйте, що природний газ, сонячна батарея та вітер стануть найшвидше зростаючими джерелами енергії, які допоможуть задовольнити цей попит – природний газ вже є джерелом електрики номер один у Сполучених Штатах.

3. Глобальні викиди CO₂ досягнуть піку, але залишаться вище 2°C

Завдяки підвищенню енергоефективності та більшому використанню відновлюваних джерел, ми можемо очікувати зниження викидів CO₂, хоча й недостатнього для досягнення цілі 2°C. При цьому такі компанії, як ExxonMobil, працюють над розробкою нових технологій, які допоможуть знизити глобальні викиди CO₂, наприклад, нові методи уловлювання вуглецю.

Очевидно, що для багатьох джерел енергії це буде довгий шлях до нормального життя. Тим часом ми можемо очікувати збільшення споживання енергії та викидів CO₂, оскільки країни по всьому світу будуть розвиватися та отримувати доступ до нових технологій. У США це призводить до того, що багато штатів і міст впроваджують стандарти викидів і вимагають від компаній звітувати та/або зменшувати споживання енергії та викиди. Ви можете забезпечити належне відстеження скорочень викидів у вашому портфелі та звітувати про ваш прогрес за допомогою watchwire та нашої інтеграції з ESPM, LEED Arc, GRESB, CDP тощо. EnergyWatch також пропонує численні ресурси, які допоможуть вам бути в курсі найкращих

методів збереження викидів та звітності для вашої компанії. Перейдіть до нашої [бібліотеки ресурсів](#) або [блогу](#) для останнього вмісту.

Поспіх введення в експлуатацію проектів до кінцевих термінів політики в цих країнах відбувся в останньому кварталі (4 квартал) 2020 року, особливо в грудні. Фактично, розробники підключили майже 150 ГВт нової відновлюваної потужності в 4 кварталі 2020 року – більш ніж вдвічі більше, ніж кількість гігават, введених в експлуатацію в 4 кварталі 2019 року, і перевищує обсяг, встановлений у перші три квартали 2020 року. Загалом, щоквартальні оцінки МЕА вказують на розгортання що уповільнення збільшення потужностей відновлюваних джерел обмежувалося лише першим кварталом 2020 року, в основному в Китаї, в той час як будівельна діяльність продовжувалася в решті світу, незважаючи на постійні обмеження руху та затримки в ланцюжку поставок. Грудневий ріст нових установок також вказує на те, що ланцюжки поставок сонячної та вітрової енергії змогли забезпечити рекордну кількість проектів у Китаї, Сполучених Штатах, В'єтнамі та різних європейських країнах.

Висновки

Незважаючи на викликані пандемією проблеми з ланцюгом поставок і затримки в будівництві, збільшення відновлюваних потужностей у 2020 році збільшилося більш ніж на 45% порівняно з 2019 роком і побило ще один рекорд. Виняткове зростання глобальної вітрової потужності на 90% призвело до розширення. Також підґрунтям цього рекордного зростання стало 23% розширення нових сонячних фотоелектричних установок майже до 135 ГВт у 2020 році.

Терміни політики в Китаї, Сполучених Штатах і В'єтнамі сприяли безпрецедентному буму збільшення потужностей з відновлюваних джерел у 2020 році. Лише Китай був відповідальним за понад 80% збільшення щорічних установок з 2019 по 2020 рік, оскільки наземні вітрові та сонячні фотоелектричні проекти укладалися відповідно до Колишню китайську схему FIT, а також ті, що отримали на попередніх центральних або провінційних аукціонах, потрібно було підключити до мережі до кінця 2020 року. У Сполучених Штатах розробники вітроенергетики поспішили завершити свої проекти до закінчення терміну дії податкового кредиту на виробництво (PTC), хоча його було продовжено ще на рік, у грудні 2020 року. У В'єтнамі поетапне припинення використання FIT для сонячних фотоелектричних проектів призвело до безпрецедентного зростання комерційних та житлових установок.

Список використаних джерел

1. Atkinson S. 10 Mega Trends that are (re)shaping our world. *Ipsos*. 2016. URL : <https://www.ipsos.com/sites/default/files/10-Mega-Trends-That-are-Reshaping-The-World.pdf> (accessed on 25.04.2020).
2. Austria 2020. Energy Policy Review. *IEA*. May 2020. URL : <https://www.iea.org/reports/austria-2020> (accessed on 20.09.2020).
3. Bellini E. Portuguese government confirms world record solar price of \$ 0.01316/kwh. *PV Magazine International*. 27.08.2020 URL : <https://www.pv-magazine.com/2020/08/27/portuguese-government-confirms-world-record-solar-price-of-0-01316-kwh/> (accessed on 01.10.2020).
4. Bensoussan H. The history of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today. *Sculpteo*. 14.12.2016. URL : <https://www.sculpteo.com/blog/2016/12/14/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/> (accessed on: 10.04.2019).
5. Bhasin S. C. Interview : Defining the Power of Megatrends – People Matters. *People Matters*. 2018. URL : <https://www.peoplesmattersglobal.com/article/diversity/defining-the-power-of-megatrends-19001> (accessed on 25.04.2020).
6. Bloem J., Doorn M. V., Duivestein S., Excoffier D., Maas R. and Ommeren E. V. The Fourth Industrial Revolution : Things to Tighten the Link between IT and OT. *Sogeti VINT*. 2014. URL : <https://www.sogeti.com/globalassets/global/special/sogeti-things3en.pdf> (accessed on 10.04.2019).
7. Bolton D. People in Germany are now being paid to consume electricity : The price of power in Germany briefly dropped to -€130 per MWh on 8 May. *INDEPENDENT*. 11.05.2016. URL : <http://www.independent.co.uk/environment/renewable-energy-germany-negative-prices-electricity-wind-solar-a7024716.html> (accessed on 01.10.2019).

8. Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. *MCC*. 17.08.2012. URL : <https://conferences.sigcomm.org/sigcomm/2012/paper/mcc/p13.pdf> (assessed on 20.10.2019).
9. Boon E. Johannesburg : the antecedents of the Millennium Declaration, the Doha Agenda and the Monterrey Consensus. *Mechanism of Economics Regulation*. 2004. № 4. P. 13–40.
10. Bossong K. Solar and wind energy provide almost 10 percent of total generation in the US in 2019. *Renewable energy world*. 28.10.2019. URL : <https://www.renewableenergyworld.com/2019/10/28/solar-and-wind-energy-provide-almost-10-percent-of-total-generation-in-the-us-in-2019/> (assessed on 01.11.2019).
11. Boulding K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. *Classics in environmental studies. An overview of classic texts in environmental studies* / Ed.: N. Nelisse, J. Van Den Straaten and L. Klinkers. Amsterdam, the Netherland, 1997. P. 218–228.
12. Boulding K. E. The economics of the coming Spaceship Earth. *Environmental quality in a growing economy* / H. Jarrett (ed.). Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press. P. 3–14.
13. Brinker S. 5 meta-trends underlying almost all of modern marketing. *Chief Marketing Technologist Blog*. 22.10.2012. URL : <https://chiefmartec.com/2012/10/5-meta-trends-underlying-almost-all-of-modern-marketing/> (accessed on 25.04.2020).
14. Calma J. Wind and solar energy is steadily replacing coal. *The verge*. 13.08.2020. URL : <https://www.theverge.com/2020/8/13/21366373/wind-solar-power-electricity-doubled-paris-climate-change-agreement> (accessed on 20.09.2020).
15. Camarinha-Matos L.M, Goes J., Gomes L., Martins J. Contributing to the Internet of Things. Technological Innovation for the Internet of Things, *IFIP AICT*. Series 394. April 15–17. 2013. pp. 3–12. URL :

https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-37291-9_1.pdf (assessed on 20.10.2019).

16. Christensen C.M. The Innovator's Dilemma : When New Technologies Cause Great Firms to Fail. *Harvard Business Review Press*. 2016. 288 p.

17. Cockburn H. Climate crisis: Renewable energy provided almost half of UK's electricity in first three months of 2020. *Independent*. 26.06.2020. URL : <https://www.independent.co.uk/author/harry-cockburn> (accessed on 15.09.2020).

18. Coren M. J. Germany had so much renewable energy on Sunday that it had to pay people to use electricity. *Quartz*. 10.05.2016. URL : <http://qz.com/680661/germany-had-so-much-renewable-energy-on-sunday-that-it-had-to-pay-people-to-use-electricity/> (accessed on 01.10.2019).

19. Cost for onshore wind, solar and battery storage dipped: BNEF. *Greentechlead. Renewable Energy*. 29.04.2020 URL : <https://greentechlead.com/renewable-energy/cost-for-onshore-wind-solar-and-battery-storage-dipped-bnef-35985> (accessed on 10.09.2020)

20. DARPA : на пути к революции в материаловедении. *Technowars*, 07.09.2015. URL : <http://technowars.ru/article/202/> (дата обращения : 10.03.2017).

21. Dedicat C. Circular economy : what it mean, how to get there. *World Economic Forum*. 23.01.2016. URL : <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-importance-of-a-circular-economy> (accessed on 01.03.2016).

22. DeepMind. *Wikipedia*. URL : <https://en.wikipedia.org/wiki/DeepMind> (accessed on: 10.04.2019).

23. Економіка енергетики : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, І. М. Сотник. – Суми: Університетська книга, 2015. – 378 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/45315>

24. Економіка підприємства : підручник / за заг. ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника. - Суми : Університетська книга, 2012. - 864 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80106>

25. Мельник Л. Г., Карінцева О. І. (2021) Економіка і бізнес : підручник / за ред. Л. Г. Мельника, О. І. Карінцевої. Суми : Університетська книга, 2021. 316 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/83721>
26. Сотник І. (2018) Підприємництво, торгівля та біржова діяльність / І. Сотник, Л. Таранюк. – Суми: Університетська книга, 2018. – 572 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80114>
27. Экономика развития: учебное пособие / под ред. д.-ра экон. наук, проф. Л. Г. Мельника, канд. экон. наук А. Вик. Кубатко. Сумы : «Университетская книга», 2017. 352 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/80184>