

DOI: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2026-299-1-41-52>

УДК 620.91:338.45

## АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗЕЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ НА ПРИКЛАДІ США

Мелконова І.В., Рейєс Франсіско Гюго

### ANALYSIS OF THE STATUS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GREEN GENERATION USING THE EXAMPLE OF THE USA

Melkonova I.V., Francisco Hugo Reyes

Ефективність функціонування фотоелектричних станцій може бути збільшена за допомогою використання різних систем, зокрема систем накопичення енергії (BESS). Такі системи в останній час широко використовуються в різних країнах світу, зокрема Німеччина, США, Велика Британія та інші. Істотна залежність обсягу сонячного випромінювання, що досягає поверхні сонячних батарей, від розташування електростанції та погодних умов визначає значні відмінності в характеристиках сонячної радіації в залежності від регіону розташування та кліматичних умов. Отже, параметри систем стеження, що забезпечують максимальну продуктивність сонячної електростанції, можуть значно відрізнятися особливо в різні пори року. Досвід практичного використання сонячних трекерів на промислових підприємствах в Україні поки невеликий, що робить актуальною задачу вибору параметрів системи стеження, що забезпечує максимальну техніко-економічну ефективність фотоелектричної станції для різних видів підприємств в залежності від їх розташування. Щоб успішно розвиватися в напрямку впровадження систем накопичення енергії проведено всебічний аналіз найбільш успішно розвинутою країни в цьому напрямку, а саме США її конкурентоспроможності та лідерства в енергетичному секторі, приділивши увагу структурі енергетичного балансу країни, яка характеризується переважанням традиційних джерел енергії. Саме на ринку електроенергії США можна дослідити успішність впровадження та функціонування фотоелектричних станцій, та дослідити динаміку успішного використання за певний час. Також у роботі проведено ґрунтовний аналіз глобального рейтингу енергетичної безпеки, який підтвердив провідні позиції США у цьому напрямку. З'ясовано, що високе місце країни у світовому рейтингу зумовлене поєднанням кількох

стратегічно важливих чинників, зокрема значним рівнем диверсифікації джерел енергопостачання, потужною ресурсною базою, розвинутою енергетичною інфраструктурою та активним впровадженням інноваційних технологій у сфері видобутку й використання енергії. Окрему роль відіграє ефективна державна політика, спрямована на підвищення енергетичної незалежності та зниження залежності від імпортованих енергоносіїв. У ході дослідження також визначено ключові чинники, що забезпечують глобальне енергетичне лідерство США, серед яких слід виокремити розвиток відновлюваної енергетики, зростання обсягів видобутку сланцевого газу та нафти, а також активну участь країни у формуванні світових енергетичних ринків. Водночас виявлено низку проблем і викликів, з якими може стикнутися енергетична галузь США до кінця 2025 року. До них належать зношеність окремих елементів інфраструктури, зростання екологічних вимог, необхідність модернізації електромереж, а також ризику, пов'язані з коливаннями світових цін на енергоресурси та геополітичною нестабільністю. **Ключові слова:** відновлювальні джерела енергії, енергетична безпека, світовий ринок енергоресурсів, енергетична політика.

**Вступ.** Згідно з базовим сценарієм економічного переходу (Economic Transition Scenario), до 2050 року світове споживання електроенергії зросте на 75%. Цей стрибок буде обумовлений стрімким економічним розвитком, збільшенням кількості електромобілів і дата-центрів, а також дедалі більшою електрифікацією побуту й промисловості [1]. Світове електроспоживання, яке у 2023 році становило 29 471 ТВт-год, до середини століття

зросте майже вдвічі. Найбільше зростання очікується у країнах Азії, Близького Сходу та Африки. Це стане поштовхом до масштабних інвестицій в енергетичну інфраструктуру, включно з генерацією, мережами та накопичувачами енергії.

Одним із головних чинників росту стають дата-центри, чия енергетична вага невпинно зростає. До 2035 року вони можуть споживати 4,5% усієї електроенергії планети, а до 2050 — вже 8,7%. Щоб задовольнити такий попит, людству знадобиться додаткові 362 ГВт нових генерувальних потужностей лише протягом наступного десятиліття [2].

Як нам відомо, що сонячна енергія є альтернативним джерелом електричної енергії, яке має особливі переваги пов'язані з екологією, а сама чистота та доступність у великих обсягах майже по всій нашій планеті для забезпечення теплом, світлом та електрикою. З огляду на тривожну швидкість вичерпання основних традиційних енергоресурсів, таких як нафта, вугілля та природний газ, а також екологічні проблеми, спричинені використанням цих джерел енергії, інвестування у відновлювані джерела енергії стало нагальною потребою, особливо для промисловості. Вони можуть забезпечити достатнє живлення для майбутнього. Енергетичний потенціал сонця надзвичайний тому необхідно максимально використовувати, особливо для підприємств які споживають велику кількість електроенергії. Однак, незважаючи на безмежний ресурс, його використання ускладнюються обмеженою ефективністю елементів сонячного масиву, також існує багато проблем пов'язаних з використанням систем накопичення енергії в промислових підприємствах.

Попри загальний курс на декарбонізацію, попит на нафту, згідно з ETS, досягне піку у 2032 році, після чого поступово знижуватиметься — до 88 млн барелів на добу в 2050 році. Водночас попит на авіаційне паливо та нафтохімію зростатиме [3].

Використання вугілля скоротиться найрадикальніше, тоді як споживання природного газу зросте на 25%. Проте в генерації електроенергії викопні джерела до 2050 року забезпечуватимуть лише 25% світового виробництва, позаяк у 2024 році цей показник становив 58%.

Найвища ефективність більшості комерційно доступних сонячних елементів становить від 10% до 20%. Це свідчить про те, що ще є можливості для вдосконалення та

підвищення ефективності використання систем накопичення енергії, це особливо є актуальним в сонячних регіонах. В роботі розглядається спосіб підвищення ефективності систем накопичення енергії за допомогою впровадження нових методів і технологій, що є актуальними сьогодні [4].

Коли йдеться про розвиток будь-якої країни, енергія є ключовим рушійним чинником, що сприяє в першу чергу енергетичної незалежності. Щодня у світовому співтоваристві видобувається, розподіляється, перетворюється та споживається величезна кількість енергії. Викопне паливо складає близько 85% виробленої енергії. Ресурси викопного палива обмежені, і відомо, що їх використання викликає глобальне потепління через викиди парникових газів, і вже багато років передові країни світу відмовляються від використання такого виду енергії. Зростає потреба в енергії з альтернативних джерел, як сонячна, вітрова, океанічні припливні хвилі та геотермальна енергія, для забезпечення сталого виробництва електроенергії, а також забезпечення екологічного споживання енергії та збереження світових ресурсів.

Використання BESS, або системи накопичення енергії на основі акумуляторів (Battery Energy Storage System), це технологія, що дозволяє зберігати електроенергію для подальшого використання. Вона стає все більш актуальною в контексті зростання частки відновлюваних джерел енергії та потреби в стабільному електропостачанні [5].

Сонячні панелі безпосередньо перетворюють сонячне випромінювання в електричну енергію. Панелі в основному виготовляються з напівпровідникових матеріалів, зокрема кремнію. Їхня ефективність становить 24,5% або більше. Три способи підвищення ефективності сонячних панелей — це покращення ефективності елементів, максимізація вихідної потужності та застосування системи відстеження.

Відстеження точки максимальної потужності (MPPT) — це процес максимізації вихідної потужності сонячної панелі шляхом підтримання її роботи в оптимальній точці на кривій напруги (P-V). Технологія MPPT забезпечить лише максимальну потужність, яку можна отримати від стаціонарних масивів сонячних панелей у будь-який конкретний момент часу. Однак ця технологія не може збільшити виробництво електроенергії, коли сонце не співпадає з системою.

Сонячне відстеження – це система, яка механічно відстежує положення сонця, щоб збільшити вихідну потужність на 30–60 % порівняно зі стаціонарними системами. Це економічно ефективніше, ніж купівля сонячних панелей.

Також існують різні типи трекерів, які можна використовувати для збільшення кількості енергії, яку можна отримати за допомогою сонячних панелей. Двовісні трекери є одними з найефективніших, хоча це пов'язано зі збільшенням складності. Подвійні трекери відстежують сонячне світло від прямокутних осей. Вони є найкращим варіантом для місцевостей, де положення сонця постійно змінюється протягом року в різні пори року. Одноосові трекери краще підходять для регіонів поблизу екватора, де немає значних змін у видимому положенні сонця.

Рівень підвищення ефективності залежатиме від ефективності системи відстеження та погодних умов. Високоєфективні трекери пропонуватимуть більшу ефективність, оскільки вони здатні точніше відстежувати сонце. Більше підвищення ефективності спостерігатиметься у випадках, коли погода сонячна та, отже, сприятлива для системи відстеження. Кілька робіт, що обговорюють систему відстеження сонячної енергії, можна знайти в [1-3].

В останній час виробниками альтернативних джерел енергії пропонується застосування диспетчеризованих відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) з системою накопичення енергії (BESS). Диспетчеризовані відновлювані джерела енергії (ВДЕ) з системою накопичення енергії - це інтегровані системи, які дозволяють більш ефективно використовувати енергію сонця, вітру та інших відновлюваних джерел, а

також забезпечують стабільність енергопостачання. BESS (Battery Energy Storage System) допомагає вирішити проблему непередбачуваності та переривчастості ВДЕ, накопичуючи надлишок енергії, виробленої в періоди пікової генерації, та віддаючи її в мережу, коли генерація падає.

Сонячна енергія стала ключовим джерелом у глобальному нарощуванні потужностей, забезпечивши додавання 182 ГВт, що становить половину всього світового приросту. Генерація сонячними електростанціями вперше перевищила позначку в 1000 ТВт·год. У майже половині країн, які моніторить BNEF, сонячні панелі зайняли лідируючу позицію як найефективніший вибір за обсягами встановленої потужності. Станом на зараз щонайменше 112 країн мають інфраструктуру, що включає хоча б 1 МВт сучасної сонячної енергетики. Найпоширеніші технології генерації електроенергії, що отримали широке застосування протягом 2015–2024 років, представлені в таблиці 1.

Як видно з таблиці, що в останні роки сонячна енергетика має стрімкий розвиток в різних країнах світу, але лідерів в використанні саме сонячної електроенергії залишається США, саме вони встановили рекорд із розвитку сонячної енергетики у 2024 році. За рік у країні з'явилося 50 ГВт нових сонячних потужностей — це найбільший показник для будь-якої енергетичної технології за останні два десятиліття. Темпи зростання склали 21% порівняно з 2023 роком, а сонячна енергетика забезпечила 66% усіх нових потужностей, доданих до енергосистеми [6].

Лідером за встановленими сонячними станціями вдруге став Техас — у 2024 році тут додали 11,6 ГВт.

Таблиця 1

**Найрозповсюдженіші технології генерації електроенергії в різних країнах світу, які отримали активний розвиток у період з 2015 по 2024 роки**

Рік/ Країна	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Україна	Сонце	Вугілля	Сонце	Вугілля	Сонце	Сонце	Сонце	Вітер	Сонце	Сонце
Польща	Вітер	Вітер	Газ	Газ	Вугілля	Сонце	Сонце	Сонце	Сонце	Сонце
Німеччина	Вітер	Вітер	Вітер	Сонце	Сонце	Сонце	Вітер	Сонце	Сонце	Сонце
США	Вітер	Вітер	Вітер	Газ	Сонце	Сонце	Сонце	Сонце	Сонце	Сонце
Туреччина	Гідро	Вугілля	Газ	Вітер	Вітер	Гідро	Вітер	Вітер	Гідро	Вітер
Велика Британія	Сонце	Сонце	Вітер	Вітер	Вітер	Газ	Вітер	Вітер	Газ	Сонце
Франція	Вітер	Вітер	Вітер	Вітер	Вітер	Сонце	Сонце	Вітер	Сонце	Вітер

Прогнози свідчать, що до 2035 року загальна сонячна потужність США може перевищити 739 ГВт, утричі перевищивши нинішні показники. Водночас на темпи розвитку можуть вплинути зміни в політиці та зростання витрат.

**Завдання та мета роботи.** Провести аналіз стану та перспектив розвитку зеленої генерації в США, оцінивши техніко-економічні та організаційні чинники, що сприяють ефективному розвитку сонячної генерації. Визначити ключові елементи для забезпечення оптимального функціонування електроенергетичних систем на основі сонячних електростанцій для подальшого впровадження на підприємствах інших країн, які не так стрімко розвиваються в сонячній енергетиці, наприклад в Україні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідження, які стосуються ролі енергетичного сектору у зміцненні конкурентоспроможності національної економіки, оптимізації використання доступних енергетичних ресурсів, альтернативних джерел енергії, та вирішенню питань формування енергетичного балансу країни, є предметом роботи численних науковців як із-за кордону, так і з України, серед яких варто відзначити: Едмон А., Фрідман Д., Гелетухи Г., Столярчук Я., Сидорової Д., Касича А., Сотник І., Дмитрова А.9, Бусарева Д. [7-8]

Також в останні роки багато позитивний досвід зарубіжних країн світу в галузі енерговикористання та енергоефективності викликав особливий інтерес таких науковців як С.Я. Дробишинець, Н.Г. Романюк [9]. Питанням впровадження інтелектуальних енергосистем досліджуються у роботах Ю.Т. Матвеевої, С.І. Колосок, І.А. Вакуленко, В.І. Колашникова, В.В. Каплун, О.В. Левшова, В.Е. Лір [10] та ін.

Багато зарубіжних вчених і дослідників також вивчають енергоефективність економіки: Аморі Ловінс – американський фізик і відомий пропагандист енергоефективності. Він спеціалізується на енергетичних проблемах і активно досліджує питання сталого розвитку та зазначає, що «енергії майбутнього є ключовим кроком для початку перебудови України» [11]. Daniel Kammen – професор енергетики в Каліфорнійському університеті в Берклі. Він досліджує енергетичні системи та політику, зокрема зосереджується на розвитку енергоефективності та відновлювальних джерел енергії, досліджує варіанти створення стійких енергетичних систем шляхом зменшення

споживання енергії, особливо в будівлях і транспортних секторах, а також забезпечуючи надійні, децентралізовані та відновлювані джерела енергії [12].

**Результати дослідження.** Аналітичний огляд структури фотоелектричних станцій з системами накопичення енергії.

В умовах стрімких трансформацій в енергетичній галузі, який ми зараз з вами бачимо, одним з перспективніших напрямів в виробництві електроенергії набувають ключового значення для підтримки збалансованого прогресу та збереження екології світу. Сучасні розробки сприяють збільшенню продуктивності, а головне зменшенню вуглецевих виділень та забезпеченню ширшої адаптивності у використанні енергетичних запасів. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) та нові концепції, скажімо, віртуальні електростанції (Virtual Power Plant, VPP), такі як Powerwall від Tesla, дають змогу споживачам електроенергії, особливо промисловим, залучаються до енергетичних операцій. Споживачі нині можуть реалізовувати надлишки згенерованої ними енергії іншим споживачам, формуючи таким чином взаємодію споживач-споживач, зараз ця тенденція активно впроваджується в Україні і вже декілька років успішно працює в США, Німеччині, Норвегії та інших країнах [13].

Існує декілька типів організацій, що здійснюють операції та управління енергетичними мережами. Їх можна поділити на декілька типів:

- управління незалежними системними операторами (Independent System Operator, ISO) та регіональними організаціями передачі електроенергії (Regional Transmission Organization, RTO);

- традиційні оператори мережі (Traditional Network Operator, TNO).

ISO – це самостійна організація, функція якої – керування енергетичними системами в конкретних географічних межах. ISO відповідає за координацію та підтримку рівноваги між потребою та пропозицією на ринку електроенергії, контролює розподіл електроенергії між різними учасниками ринку, а також дбає про стабільність та безперебійну роботу енергетичної системи. [13]

RTO – це підтип ISO, але з розширеними функціями, пов'язаними з керуванням масштабними регіональними енергетичними мережами. Подібно до ISO, RTO відповідає за стабільну роботу у енергосистемі та координацію

взаємодії між учасниками ринку. Але крім цього, на RTO лежить обов'язок більш детального контролю функціонування енергосистем на територіях, які охоплюють кілька штатів або цілі регіони [13-15].

TNO – це організація, що володіє і керує системою передачі електроенергії у визначеній області, в якій немає ISO або RTO.

Головне завдання TNO – підтримувати стабільність і надійність енергетичної інфраструктури, управляючи і використовуючи лінії електропередач, підстанції та інші відповідні об'єкти. TNO відповідає за оперативне управління електромережами, гарантуючи їх безперебійну роботу, здійснюючи моніторинг та контроль за потоками електрики, а також плануючи та реалізуючи технічне обслуговування мережі.

Для стабільного функціонування та можливості економічно ефективно використовувати систем накопичення енергії (BESS) необхідно враховувати дуже багато чинників, по перше це якість систем накопичення енергії, їх екологічність, систему передачі електроенергії та втрати при передачі, кількісна можливість забезпечення споживачів в безперебійному режимі енергією. Всі ці фактори формують ціноутворення на ринку електроенергії.

Оптова торгівля електроенергією функціонує через низку моделей визначення вартості. Вона має вплив як на роздільників електроенергії, котрі реалізують енергію, так і на її споживачів. Локальне маржинальне ціноутворення (LMP) або вузлове ціноутворення – це комплексна система визначення вартості електроенергії. У цій моделі ціни встановлюються в конкретних

вузлах електромережі, тобто у чітко визначених точках. Зазвичай, в цих вузлах здійснюється введення або споживання електроенергії. Витрати, пов'язані з перевантаженням електричних мереж, та потреба у передавальних шляхах всередині мережі є ключовими чинниками, що призводять до різниці в цінах між різними вузлами. Тому з огляду на поставленні задачі, пропонується використання моделі вузлового ціноутворення. Така модель має ряд переваг, для стабільного функціонування альтернативної енергії, а саме сонячної (табл.2).

Але не дивлячись на суттєві переваги, є один основний недолік, а саме те, що ціни на енергоносії здатні стрімко коливатися впродовж коротких періодів часу через зміни в місцевому співвідношенні попиту та пропозиції. Для постачальників та споживачів такі коливання породжують невизначеність та ускладнюють процес планування витрат.

У разі виникнення проблем таких коливань попит перевищує пропозицію, при роботі систем накопичення енергії (BESS), це може зумовити падіння частоти в енергетичній системі, що несе ризик ушкодження обладнання. В цій ситуації, коли зниження частоти триває, чимало генераторів відключаються автоматично, тим самим ускладнюючи стан усієї системи.

Для уникнути аварій та відключень, пропонується вжити різноманітні заходи, зокрема відключення навантаження чи заклик до споживачів заощаджувати енергію. У разі недостатності цих заходів, може бути оголошено надзвичайний стан в енергетиці задля зменшення навантаження та стабілізації ситуації.

Таблиця 2

#### Преваги використання моделі вузлового ціноутворення

Деталізація	Модель з точністю віддзеркалює реальні витрати на доставку електрики до кожної конкретної точки. Вона дає змогу визначити витрати, що пов'язані з перевантаженням та втратами в мережі.
Ефективність	Відтворюючи реалії попиту та пропозиції на кожній ділянці мережі, сприяє ефективному виробництву та споживанню електроенергії. Це спонукає генераторів виробляти електроенергію саме там, де вона найбільше потрібна, а споживачів – адаптувати споживання відповідно до локальних цінових сигналів.
Прозорість	Маючи чітку та зрозумілу інформацію про ціни, учасники ринку мають змогу приймати обґрунтовані рішення.

Тому при виникненні таких аварійних ситуацій, які суттєво можуть вплинути на енергоефективність роботи усієї системи, якість електроенергії та відповідно на ціну послуг, пропонується використання ринку допоміжних послуг (Ancillary services) який надає спеціалізовані послуги для підтримки стабільності енергосистеми. Кожен енергетичний ринок вирізняється власним унікальним набором допоміжних сервісів та послуг, до цих послуг належать регулювання частоти, резервування потужності, відновлення після збоїв та інші механізми, що забезпечують стабільну роботу мережі. Регулювання частоти та несинхронізовані резерви, можуть бути активовані для швидкого реагування на зміни у навантаженні, що допомагає уникнути відключень та зменшити ризики для обладнання. Додатково, резерви реагування на попит, що передбачають скорочення енергоспоживання з боку споживачів, можуть бути ефективним інструментом для балансування навантаження в критичних ситуаціях, зменшуючи необхідність у додаткових генеруючих потужностях.

*Стан енергоефективності промисловості в США. Альтернативна енергетика як частина енергетичної стратегії США.*

Політика енергоефективності спрямовується федеральними, штатними та місцевими органами влади в США, і в деяких випадках перекриваються між собою. Важливо, що енергоефективність користується значним ступенем двосторонньої підтримки, заснованої на перевагах щодо зменшення викидів, зниження рахунків за енергію та підвищення енергетичної безпеки. На федеральному рівні політика енергоефективності в основному здійснюється Міністерством енергетики (DOE).

З 2015 року спостерігається уповільнення глобального покращення енергоефективності, що оцінюється за інтенсивністю використання первинної енергії. У 2020 році ситуація погіршилась через наслідки кризи Covid-19 і тривалий період низьких цін на енергоносії, в результаті чого енергоемність знизилася лише на 0,8%. Це майже у два рази менше порівняно з показниками 2019 року (1,6%) та 2018 року (1,5%). Такий рівень є значно недостатнім для досягнення світових цілей кліматичної стабільності та стійкого розвитку. Особливе занепокоєння викликає той факт, що підвищення енергоефективності потенційно

може забезпечити понад 40% скорочення викидів парникових газів у секторі енергетики протягом наступних двох десятиліть. Це ключовий елемент сценарію сталого розвитку ІЕА, який демонструє, як досягти міжнародних цілей у сфері клімату та енергетики. [14]

Сучасні тенденції вказують на те, що промисловість, ймовірно, стане більш енергоємною через зростання попиту на обробні галузі, які характеризуються високим споживанням енергії та функціонують на більш інтенсивному рівні. У США виробництво автомобілів – це відносно менш енергоємний процес – у першій половині 2023 року було на 30% нижчим порівняно з аналогічним періодом попереднього року. У той же час виробництво основних металів, яке відзначається високою енергоемністю, скоротилося приблизно на 15%.

США у 2024 році споживали приблизно 94 квадрильони британських теплових одиниць енергії, що становить збільшення на 1% порівняно з 2023 роком. [16]

Викопне паливо, включаючи нафту, природний газ та вугілля, становило 82% від загального енергоспоживання США у 2024 році. Невикопні джерела енергії, зокрема відновлювальні та ядерна енергія, склали решту 18%. Нафта залишається найбільш споживаним паливом у США протягом останніх 75 років, а споживання ядерної енергії вперше в історії перевищило споживання вугілля.

Щоб наочно побачити позитивні тенденції стану розвитку енергоефективності промисловості в США в цілому, керуючись використанням альтернативних джерел енергії, а саме сонячної, було проведено аналіз за період з 2023 року по 2025 рік (табл. 3). У 2023 році в США спостерігалось активне впровадження заходів з енергоефективності в промисловості, що підтверджується зростанням безвуглецевої енергетики та інвестиціями в цей сектор.

У 2024 році енергоефективність промисловості в США характеризувалася значним зростанням частки відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячної та вітрової енергетики, які вперше обійшли вугільну генерацію за виробітком електроенергії. Це зумовлено загальним трендом на декарбонізацію та розвиток систем зберігання енергії, що сприяє інтеграції великої кількості сонячних та вітрових потужностей у національну енергосистему США, особливо в таких штатах, як Техас та Каліфорнія.

Таблиця 3

## Стан енергоефективності промисловості в США з 2023 року по 2025 рік

Показники	2023 рік	2024 рік	2025 рік
<b>Інвестиції в енергоефективність</b>	Оголошені урядом США витрати на стимулювання енергоефективності створюють значний економічний ефект, включаючи створення нових робочих місць у промисловості	Для інтеграції великої кількості сонячних та вітрових потужностей у мережу значно збільшилися інвестиції у системи накопичення енергії.	У 2025 році очікується значне зростання потужностей СНЕ, що дозволить промисловості краще керувати енергоспоживанням, зменшуючи залежність від пікових навантажень та підвищуючи надійність енергопостачання.
<b>Створення стимулів</b>	Впровадження державних та приватних ініціатив спрямовано на підвищення енергоефективності та впровадження нових, більш екологічних рішень у промисловому виробництві.	-	Державна політика та ринкові умови стимулюють промисловість інвестувати в енергоефективні технології та впроваджувати найкращі практики, що сприяє зростанню загальної енергоефективності.
<b>Впровадження альтернативних джерел енергії</b>	Загальна частка безвуглецевої енергії в США досягла 41% у 2023 році, що значно покращує показники енергоефективності промисловості.	У 2024 році сонячна та вітрова енергетика стали основними рушіями енергетичної системи США. Вперше сонячні та вітрові станції разом виробили більше електроенергії, ніж вугільні потужності, що свідчить про значний прогрес у переході до чистіших джерел енергії. Сонячна енергетика показала найвищі темпи зростання у 2024 році, її виробіток перевищив 300 ТВт*год, що перевищило показники гідроенергетики.	Заплановано значне розширення потужностей сонячної енергетики, що сприятиме переходу на чистіші джерела енергії в промисловості та зниженню її вуглецевого сліду. До кінця 2025 року загальна потужність сонячної енергетики в США досягне 153 ГВт, а до кінця 2026 року – 182 ГВт

У 2025 році енергоефективність промисловості США демонструє помітне зростання завдяки активному впровадженню передових технологій. Серед ключових досягнень варто відзначити розширення можливостей систем зберігання енергії та збільшення обсягів електроенергії, отриманої з відновлюваних джерел, зокрема сонячної енергії. Як уряд, так і промислові компанії здійснюють значні інвестиції в розвиток "зелених" технологій і інтеграцію систем накопичення енергії, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання та скоротити рівень викидів.

Альтернативні джерела енергії виробили 834 мільярди кіловат-годин (кВт•год) електроенергії, це близько 21% всієї електроенергії, виробленої в США в 2020 році

[16]. Це включає вітер, гідроелектростанцію, сонячну енергію, біомасу та геотермальні явища. Природний газ (1,617 млрд кВт•год) виробляв більше електроенергії, ніж альтернативна енергія в США в 2020 році.

Саме 2020 рік став першим роком, коли більше електроенергії було вироблено альтернативною та ядерною енергією, ніж вугіллям. У 2024 році виробництво електроенергії з вугілля в США зменшилося на 40% порівняно з 2020 роком, тоді як використання відновлюваних джерел енергії, включаючи дрібну сонячну генерацію, збільшилося на 29%. Вітер, який залишається провідним джерелом відновлюваної електроенергії у країні, продемонстрував приріст на 14%. Сонячна генерація від

масштабних проєктів потужністю понад 1 мегават зросла на 46%, а дрібна сонячна енергія, що включає мережеві панелі на дахах будинків, на 29%.

Згідно з даними Управління енергетичної інформації США (EIA), у квітні 2025 року частка сонячної енергії у виробництві електроенергії становила 10,7%. Великі сонячні станції збільшили виробіток на 39,3%, а невеликі розподілені системи показали зростання в 11,8%, що загалом забезпечило збільшення сонячної генерації на 31,3% за місяць [18].

За перші чотири місяці 2025 року сонячна енергія зайняла 7,7% у структурі виробництва електроенергії, перевищивши результат аналогічного періоду минулого року (6,1%) та обігнавши гідроенергетику з показником 6,0%.

Вітроенергетика продовжує лідувати серед відновлюваних джерел енергії в США, займаючи частку 12,6% за перші чотири місяці 2025 року — зростання склало 5,9% порівняно з минулим роком. У квітні вітрова генерація забезпечила 13,9% електроенергії країни.

Спільно сонячна та вітрова енергетика за січень-квітень 2025 року виробили 20,3% електроенергії, обігнавши вугільні електростанції (20,2%) та атомні станції (13,8%).

Частка всіх відновлюваних джерел енергії, включаючи вітер, сонце, гідроенергію, біомасу та геотермальні установки, досягла 32,8% у квітні 2025 року. За перші чотири місяці року їх загальний внесок склав 27,7%, що на 10,3% вище за показник за аналогічний період 2024 року.

Проаналізувавши статистичні данні можна припустити, що приріст сонячних потужностей на 26 ГВт у 2025 році та ще 22 ГВт у 2026 році, що призведе до збільшення виробництва сонячної електроенергії на 34% та 17% відповідно. В результаті загальна потужність сонячної енергетики у США досягне 153 ГВт до кінця 2025 року та зросте до 182 ГВт до кінця 2026 року.

Для досягнення стабільного функціонування та економічно ефективної сонячної генерації, в США активно впроваджуються BESS системи. Основні сфери застосування BESS у США:

1. Підтримка відновлюваних джерел енергії: BESS накопичують надлишки енергії від сонячних та вітрових електростанцій, а потім віддають її, коли генерація знижується або попит зростає.

2. Мікромережі та автономні системи: BESS створюють незалежні енергетичні

системи для віддалених громад, військових баз та для подолання наслідків стихійних лих.

3. Зменшення пікових навантажень: системи можуть заряджатися в періоди низького попиту та вивільняти енергію під час відключень. Сонячна генерація максимально велика опівдні, коли споживання може бути відносно низьким, зате ввечері попит на електрику зростає (люди повертаються додому, вмикають техніку), але сонця вже немає. Акумуляторна система, підключена до СЕС, вирішує цю проблему: денне сонце працює на вечірній пік. Зарядившись вдень, батарея віддає енергію у мережу в години найбільшого навантаження, покриваючи вечірній стрибок споживання. Це знижує потребу включати маневрові газові чи вугільні блоки, заощаджуючи паливе і гроші. Така модель – гібрид «solar plus storage» – стрімко набирає популярність у світі. Наприклад, у Каліфорнії сонячні станції з батареями вже конкурують із газовими піковими електростанціями за вартістю генерації. За прогнозами MEA, до 2030 року сонячні станції з накопичувачами стануть одними з найдешевших джерел електроенергії, обійшовши навіть традиційні вугільні та газові установки.

Якщо подивитися кількість використання BESS в світі, то США є лідером. В таблиці 4 представлені причини такого попиту до систем BESS

Таблиця 4

Розповсюдженість BESS в США

Причина	Пояснення
Надійність	В умовах частих екстремальних погодних явищ, BESS забезпечують надійне живлення, що критично важливо для багатьох секторів економіки та населення.
Зростання відновлюваної енергетики	Поширення сонячних та вітрових станцій вимагає ефективних рішень для зберігання енергії, щоб забезпечити стабільність.
Політична підтримка	Урядові ініціативи та стимули сприяють розвитку відновлюваної енергетики та енергозберігаючих технологій, включаючи BESS.

BESS використовуються в США на підприємствах для накопичення та стабілізації

енергії, підвищення ефективності мережі, забезпечення резервного живлення, інтеграції відновлюваних джерел та створення незалежних мікромереж. Ці технології дозволяють знизити залежність від традиційних пікових електростанцій, підвищити коефіцієнт використання наявних ресурсів та гарантувати надійне енергопостачання для критично важливих об'єктів, таких як військові бази або райони ліквідації наслідків стихійних лих. Досвід США свідчить, що BESS, встановлені при великих ВДЕ-фермах, скорочують вимушені відключення ВДЕ і підвищують коефіцієнт використання ліній електропередач. За оцінками NREL, спільна робота вітропарку та батареї дозволяє краще завантажити мережу: вдень, коли споживання менше, частина вітрової електрики йде на зарядку, а ввечері – віддається, розвантажуючи лінії.

Найбільш успішним та масштабним прикладом використання BESS технологій є проект Edwards & Sanborn з виробництва та зберігання сонячної енергії в Каліфорнії.

Система Edwards & Sanborn займає площу 1,8 кв. км, розташований в окрузі Керн. До її складу входять 1,9 млн. фотоелектричних модулів від компаній First Solar та система зберігання енергії BESS від LG Chem, Samsung та BYD загальною потужністю 3287 МВт.

Потужність системи збирання сонячної енергії становить 1300 МВт. Вона обслуговує об'єкти міста Сан-Хосе, комунальні підприємства Southern California Edison та Pacific Gas & Electric, агрегатор Clean Power Alliance та мережу кафе Starbucks.

Більшість каліфорнійських проектів BESS розраховані на 4 години, що відповідає критеріям достатності ресурсів оператора мережі CAISO. Ця система, за потреби, зможе пропрацювати довше, але реальних статистичних даних ще не має.

#### *Сучасні проблеми сонячній генерації США.*

Незважаючи на те, що США є лідером в сонячній генерації, на даний час вже існує реальна проблема, з якою можуть зіткнутися північноамериканські електромережі вже наприкінці 2025 року. [19]. Причиною цього є значне перевищення темпів зростання споживання електроенергії над поступовим збільшенням потужностей генерації в регіоні. Останнім часом попит на електроенергію суттєво зріс через активний розвиток штучного інтелекту, стрімке збільшення кількості центрів обробки даних і зростаючу популярність електромобілів у США та Канаді. Одночасно

ситуацію ускладнює поступове закриття вугільних електростанцій по всій Північній Америці, що створює ризик періодичних відключень електроенергії в години найвищого навантаження.

За прогнозами, протягом наступного десятиліття літній піковий попит на електроенергію зросте до 132 ГВт, що на 15% перевищує попередні очікування. Водночас зимовий максимум споживання досягне 149 ГВт, показавши приріст на 18% порівняно з попередніми прогнозами. Таке стрімке зростання попиту значно посилить навантаження на вже перенапружені електричні мережі, особливо в умовах закриття вугільних електростанцій у рамках переходу до екологічніших джерел енергії. За планами, у Північній Америці протягом наступних 10 років буде виведено з експлуатації близько 115 ГВт генеруючих потужностей., Енергетичний сектор континенту перебуває на межі суттєвих перетворень. Зростання попиту на електроенергію досягає безпрецедентних масштабів, які не спостерігалися в попередні десятиліття. Додатковим фактором для збільшення навантаження на мережі стане активний розвиток центрів обробки даних для штучного інтелекту та криптовалютних операцій, а також стрімке поширення електромобілів і теплових насосів у США та Канаді. У зв'язку з цим є критична необхідність прискорення впровадження альтернативних джерел енергії. Особливу увагу варто приділяти будівництву нових сонячних і вітрових електростанцій, а також активному застосуванню енергозберігаючих технологій для ефективного зберігання енергії. [20-23].

**Висновки.** Підсумовуючи викладене, можна відзначити кілька ключових висновків:

1. Сполучені Штати представляють країну, де енергетичний сектор відображає потужність технологій та гнучкість економіки. З річним обсягом виробництва в 4,243 ТВт·год, США утримують друге місце у світі за цим показником. Відмінною рисою американської енергетики є її диверсифікована структура, яка включає природний газ (40%), вугілля (20%), атомну енергію (19%) та відновлювані джерела (21%). Наприклад, штат Техас очолює розвиток вітрової енергетики, забезпечуючи близько чверті загального виробництва в країні. США активно зосереджуються на інвестиціях у "зелену" енергетику, підтримуючи проекти, зокрема морські вітрові ферми, як-от Nordsee One Offshore. Попри це, країна залишається

важливим учасником у галузі атомної енергетики, маючи 93 функціонуючі реактори. Такий збалансований підхід дозволяє Сполученим Штатам не лише задовольняти власний попит на енергію, але й експортувати технології та ресурси на міжнародному рівні.

2. Альтернативна енергетика наразі є найдинамічнішим сегментом світового ринку енергоресурсів, який виконує компенсаторну функцію в умовах глобальних викликів в енергоспоживанні. Основними факторами її розвитку є поступове зниження вартості технологій для виробництва відновлюваної енергії, зростання цін на традиційні джерела енергії, ужорсткнення екологічних стандартів та посилення державної підтримки проєктів з енергоефективності.

3. США займають провідні позиції за рівнем енергетичної безпеки у світовому рейтингу, який останнім часом демонструє позитивну динаміку. Водночас, Індекс енергетичної безпеки країни характеризується спадним трендом. Основними причинами цього явища є значні обсяги імпорту енергоресурсів, високий рівень їхнього споживання та недосконалість методики розрахунку Індeksu енергетичної безпеки.

4. У Сполучених Штатах існують значні передумови для розвитку альтернативної енергетики, зокрема геотермальної. Західні регіони країни вирізняються великим потенціалом у реалізації проєктів, пов'язаних із використанням енергії вітру, води та сонця. Згідно з прогнозами експертів, урядові ініціативи щодо створення пільгових умов для таких проєктів, а також підтримка з боку місцевої влади можуть сприяти майже повному переходу США на відновлювані джерела енергії до 2050 року. Таким чином, у контексті обмежених ресурсів, проведення ефективної енергетичної політики з акцентом на підтримку розвитку альтернативної енергетики допоможе США не лише зберегти енергетичну незалежність, але й зміцнити енергетичну безпеку та утримати провідні позиції у світі.

#### Л і т е р а т у р а

1. Energy Transition Investment Trends 2022: Tracking global investment in the low-carbon energy transition. BloombergNEF, 2022.
2. Medina L., Schneider F. Shadow Economies Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years? IMF Working Paper. 2024. № 17/18. URL: <https://www.imf.org/~media/Files/Publications/WP/2024/wp1817.ashx> (accessed 01.12.2025).
3. Vos R., Jager D. World Energy Outlook hides the real potential of renewables. Energy Post. URL: <http://www.energypost.eu/world-energy-outlook-hides-realpotential-renewables> (accessed 01.12.2025).
4. Cryogenic energy storage. Wikipedia. URL: [https://buildwiki.en/wiki/Cryogenic\\_energy\\_storage](https://buildwiki.en/wiki/Cryogenic_energy_storage) (accessed 01.12.2025).
5. Solar Market Insight Report Q4 2024. Solar Energy Industries Association (SEIA). December 4, 2024. URL: <https://seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-q4-2024/> (accessed 01.12.2025).
6. Renewable energy sources / ed. by S.O. Kudria. Kyiv: Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2020.
7. State policy: analysis and implementation mechanisms / V.P. Sadkovyj, S.M. Dombrovska, I.M. Lopatchenko, A.V. Antonov. Kyiv: National University of Civil Defense of Ukraine, 2019.
8. Дробишинець С. Я., Романюк Н. Г. Закордонний досвід в галузі енергозбереження та енергоефективності. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2015. Вип. 4. С. 48-55.
9. Vakulenko I., Myroshnychenko I. Approaches to the organisation of the energyefficient activity at the regional level in the context of limited budget resources during the transformation of energy market paradigm. Environmental and climate technologies. 2015. № 15(1). P. 59-76. URL: <https://doi.org/10.1515/rtuect-2015-0006> (accessed 01.12.2025).
10. Відбудова України як ключова ланка декарбонізації світу. Dnipropetrovsk Investment Agency. URL: <https://dia.dp.gov.ua/> (дата звернення 01.12.2025).
11. Kammen D.M., Sunter D.A. City-integrated renewable energy for urban sustainability. Science. 2016. Vol 352, Issue 6288. P. 922-928. DOI: 10.1126/science.aad9302 (accessed 01.12.2025).
12. E. fon Weizsacker, Lovins A.B., Lovins L.H. Фактор четвертий: подвоєння багатства, зменшення використання ресурсів вдвічі [Factor four: doubling wealth, halving resource use]. London: Earthscan, 1997.
13. Pavlyk V. Assessment of green investment impact on the energy efficiency gap of the national economy. Financial Markets, Institutions and Risks. 2020. № 4(1). P. 117-123. URL: [http://doi.org/10.21272/fmir.4\(1\).117-123.2020](http://doi.org/10.21272/fmir.4(1).117-123.2020) (accessed 01.12.2025).
14. Байдала В.В., Нагорний В. В. Економічна ефективність розвитку сонячної енергетики: аналіз світового досвіду. Український журнал прикладної економіки та техніки. Західноукраїнський національний університет, 2023. № 4. С. 30–37.

15. Skrypnyk A., Namiasenko Y., Sabishchenko O. Renewable energy as an alternative of the decentralization energy supply in Ukraine. *International Journal of Innovative Technologies in Economy*. 2018. №1 (13). P. 121-127.
  16. Budget and Performance. U.S. Energy Information Administration (EIA). Last updated: July 1, 2024. URL: [https://www.eia.gov/about/budget\\_performance.php](https://www.eia.gov/about/budget_performance.php) (accessed 01.12.2025).
  17. Турлікьян Т. Данія стала світовим рекордсменом з вітряної електроенергетики. *EcoTown*. 17.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-2015-rotsi-42-vsikh-enerhopotreb-Daniyibuly-zabezpecheni-enerhiyeyu-vitru/> (дата звернення 01.12.2025).
  18. Підвищення енергоефективності національної економіки – концепція нової цільової програми на 2022-2026 роки. Урядовий портал. 18 грудня 2020. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/pidvishchennya-energoefektivnosti-nacionalnoyi-ekonomiki-konceptsiya-novoyi-cilovoyi-programi-na-2022-2026-roki> (дата звернення 01.12.2025).
  19. A revised approach to productivity convergence in long-term scenarios. *Economics department working papers № 1385 / Y. Guillemette, A. Kopoin, D. Turner, A. De Mauro. ECO/WKP(2017)17*. Paris: OECD Publishing, 2017. URL: <https://doi.org/10.1787/0b8947e3-en> (accessed 01.12.2025).
  20. Green transformations in the healthcare system: the COVID19 impact/ Us Ya., Pimonenko T., Tambovceva T., Segers J.-P. *Health Economics and Management Review*. 2020. № 1(1). P. 48- 59. URL: <https://doi.org/10.21272/hem.2020.1-04> (accessed 01.12.2025).
- References**
1. BloombergNEF. *Energy Transition Investment Trends 2022: Tracking global investment in the low-carbon energy transition*. 2022.
  2. Medina L., Schneider F. *Shadow Economics Around the World: What Did We Learn Over the Last 20 Years?* IMF Working Paper. 2024. № 17/18. URL: <https://www.imf.org/~media/Files/Publications/WP/2024/wp1817.ashx> (accessed 01.12.2025).
  3. Vos R., Jager D. *World Energy Outlook hides the real potential of renewables*. *Energy Post*. 2025. URL: <http://www.energypost.eu/world-energy-outlook-hides-real-potential-renewables> (accessed: 01.12.2025).
  4. *Cryogenic energy storage* // Wikipedia. 2025. URL: [https://buildwiki.en/wiki/Cryogenic\\_energy\\_storage](https://buildwiki.en/wiki/Cryogenic_energy_storage) (accessed 01.12.2025).
  5. *Solar Market Insight Report Q4 2024* / Solar Energy Industries Association (SEIA). December 4, 2024. URL: <https://seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-q4-2024/> (accessed: 01.12.2025).
  6. *Renewable energy sources* / ed. S. O. Kudria. Kyiv : Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2020.
  7. Sadkovyj V. P., Dombrovska S. M., Lopatchenko I. M., Antonov A. V. *State policy: analysis and implementation mechanisms*. Kyiv : National University of Civil Defense of Ukraine, 2019.
  8. Drobishynets S. Ya., Romanyuk N. H. *Zakordonnyi dosvid v haluzi enerhozbezrehennia ta enerhoefektivnosti* // *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*. 2015. Vyp. 4. P. 48–55.
  9. Vakulenko I., Myroshnychenko I. *Approaches to the organisation of the energy-efficient activity at the regional level in the context of limited budget resources during the transformation of energy market paradigm* // *Environmental and Climate Technologies*. 2015. № 15(1). P. 59–76. URL: <https://doi.org/10.1515/rtuct-2015-0006> (accessed: 01.12.2025).
  10. *Vidbudova Ukrainy yak kliuchova lanka dekarbonizatsii svitu* / Dnipropetrovsk Investment Agency. 2025. URL: <https://dia.dp.gov.ua/> (accessed: 01.12.2025).
  11. Kammen D. M., Sunter D. A. *City-integrated renewable energy for urban sustainability* // *Science*. 2016. Vol. 352, Issue 6288. P. 922–928. DOI: 10.1126/science.aad9302 (accessed: 01.12.2025).
  12. Weizsäcker E. von, Lovins A. B., Lovins L. H. *Factor four: doubling wealth, halving resource use*. London : Earthscan, 1997.
  13. Pavlyk V. *Assessment of green investment impact on the energy efficiency gap of the national economy* // *Financial Markets, Institutions and Risks*. 2020. № 4(1). P. 117–123. URL: [http://doi.org/10.21272/fmir.4\(1\).117-123.2020](http://doi.org/10.21272/fmir.4(1).117-123.2020) (accessed: 01.12.2025).
  14. Baidala V. V., Nahorny V. V. *Ekonomichna efektyvnist rozvytku sontsianoї enerhetyky: analiz svitovoho dosvidu* // *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky*. 2023. № 4. P. 30–37.
  15. Skrypnyk A., Namiasenko Y., Sabishchenko O. Renewable energy as an alternative of the decentralization energy supply in Ukraine // *International Journal of Innovative Technologies in Economy*. 2018. № 1(13). P. 121–127.
  16. *Budget and Performance* / U.S. Energy Information Administration (EIA). 2024. URL: [https://www.eia.gov/about/budget\\_performance.php](https://www.eia.gov/about/budget_performance.php) (accessed: 01.12.2025).
  17. Турлікьян Т. Данія стала світовим рекордсменом з вітряної електроенергетики // *EcoTown*. 17.01.2016. URL: <http://ecotown.com.ua/news/U-2015-rotsi-42-vsikh-enerhopotreb-Daniyibuly-zabezpecheni-enerhiyeyu-vitru/> (accessed: 01.12.2025).

18. Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti natsionalnoi ekonomiky – kontseptsiia novoi tsilovoi prohramy na 2022–2026 roky // Uriadovyi portal. 18.12.2020. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/pidvishchennya-energoefektivnosti-nacionalnoyi-ekonomiki-koncepciya-novoyi-cilovoyi-programina-2022-2026-roki> (accessed: 01.12.2025).
19. Guillemette Y., Kopoin A., Turner D., De Mauro A. A revised approach to productivity convergence in long-term scenarios. Economics Department Working Papers. 2017. № 1385. Paris : OECD Publishing. URL: <https://doi.org/10.1787/0b8947e3-en> (accessed: 01.12.2025).
20. Us Y., Pimonenko T., Tambovceva T., Segers J.-P. Green transformations in the healthcare system: the COVID-19 impact // Health Economics and Management Review. 2020. № 1(1). P. 48–59. URL: <https://doi.org/10.21272/hem.2020.1-04> (accessed: 01.12.2025).

**Melkonova I.V. Francisco Hugo Reyes Analysis of the status and prospects for the development of green generation using the example of the usa**

*The efficiency of photovoltaic (PV) plants, which refers to the percentage of sunlight converted into electricity, currently averages around 20% for most commercially available panels, with high-efficiency panels reaching up to 23%. Efficiency is affected by panel technology (like monocrystalline vs. polycrystalline silicon), design (e.g., angle and tracking systems), environmental factors (e.g., temperature, soiling, and cloud cover), and the quality of installation and maintenance. Advanced technologies such as bifacial panels, solar tracking systems, and concentrated photovoltaics (CPV) can further increase output. Key words: renewable energy sources, energy security, global energy market, energy policy.*

*Regions with limited space for constructing renewable power generation systems need to maximize electricity generation by optimizing the operational efficiency of existing plants and selecting an optimal location for the new construction of PV power plants with favorable weather conditions and surrounding environment.*

*The status of U.S. green generation is characterized by rapid growth in renewable capacity, particularly wind*

*and solar, which accounted for nearly 90% of new capacity in 2024 and 25% of total renewable generation. Prospects for development are strong, with projections showing a need for significant, sustained acceleration to meet 2035 decarbonization goals, which will likely be met by large-scale wind and solar installations, supported by storage, and potentially nuclear, hydropower, and geothermal energy.*

*Renewable energy resources have historically played a small role for electricity generation in the US. However, concerns such as security of energy supply, limitations and price fluctuations of fossil fuels, and threats of climate changes have encouraged US policy makers to think and debate about diversification strategy in the energy supply and promotion of renewables. The current paper discusses the role of renewable portfolio in the US energy action plan. Results show that while renewables will create a market with near 10 billion.*

*For successful development in the field of energy storage systems implementation, we conducted a comprehensive analysis of the most successfully developed country in this field, namely the USA. The competitiveness and leadership in the energy sector of the USA are undeniable, so we pay attention to the structure of the energy balance of the country, which has an advantage in the use of renewable energy sources. Thus, in the US electricity market, it is possible to study the success of the implementation and operation of photovoltaic installations, as well as to study the dynamics of successful use over a certain period of time. The work also conducted a thorough analysis of the global energy security rating, which confirmed the leading position of the USA in this sphere.*

**Keywords:** *renewable energy sources, energy security, global energy market, energy policy.*

**Мелконова Інна Вікторівна** – к.т.н., доц., завідувачка кафедрою електричної інженерії, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Київ), [melkonova@snu.edu.ua](mailto:melkonova@snu.edu.ua)  
**Рейсс Франсіско Гюго** – магістр наук з кількісного менеджменту, бізнес-аналітики. Університет Дьюка - Школа бізнесу Фукуа (США)

Стаття подана 18.12.2025.