

УДК 621.311
JEL Classification: Q42; Q43
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2025-4-108-113>

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ РИНКУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

© 2025 СІМАХОВА А. О., СЕНЧА І. О.

УДК 621.311
JEL Classification: Q42; Q43

Сімахова А. О., Сенча І. О. Економічні аспекти розвитку ринку сонячних панелей

Стаття присвячена аналізу сучасних тенденцій, ключових факторів впливу та перспектив розвитку світового ринку сонячної енергетики. Автори досліджують економічні, технологічні та геополітичні аспекти розвитку галузі, акцентуючи увагу на її ролі у глобальному переході до відновлюваних джерел енергії. Сонячна енергетика є одним із найдинамічніших секторів світової економіки, що зумовлено стрімким зростанням попиту на чисті та доступні енергетичні рішення. У статті підкреслюється, що технологічний прогрес, економія від масштабу та державна підтримка значно знизили вартість сонячних панелей, що робить їх конкурентоспроможними з традиційними джерелами енергії. Зокрема, вартість фотоелектричних (ФЕ) технологій зменшилася на 80–90% за останнє десятиліття, що сприяло їх масовому впровадженню – від побутових систем до промислових сонячних парків. Важливим аспектом дослідження є аналіз географічної динаміки ринку. Якщо на початку розвитку галузі лідерами були Європа, Північна Америка та Китай, то сьогодні до них активно приєднуються країни Азії, Африки, Латинської Америки та Близького Сходу. Особливу увагу автори приділяють домінуванню Китаю, який займає понад 80% світового виробництва сонячних панелей. Це зумовлено такими факторами, як державна підтримка, дешева робоча сила, замкнений виробничий цикл і великий внутрішній ринок. У першій половині 2023 р. такі китайські компанії, як Jinko Solar, Trinasolar і Longi Solar, забезпечили понад 40% глобальних поставок модулів. У статті детально розглядаються основні типи сонячних панелей, їхні переваги та недоліки. Автори роблять висновок, що сонячна енергетика стане основним драйвером енергетичного переходу, але для цього необхідно: оптимізувати ланцюги поставок і процеси встановлення, розвивати місцеві виробничі потужності для зменшення залежності від імпорту, інвестувати в НДДКР для підвищення ефективності технологій.

Ключові слова: сонячна енергетика, відновлювальні джерела енергії, Китай, глобалізація, технологічний прогрес.

Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 10.

Сімахова Анастасія Олексіївна – доктор економічних наук, професор, професор кафедри економіки, Державний університет «Київський авіаційний інститут» (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: anastasiia.simakhova@npp.kai.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7553-4531>

Researcher ID: AFP-9627-2022

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57194637544>

Сенча Іван Олександрович – магістр кафедри економіки, Державний університет «Київський авіаційний інститут» (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: 6903858@stud.kai.edu.ua

UDC 621.311
JEL Classification: Q42; Q43

Simakhova A. O., Sencha I. O. The Economic Aspects of Solar Panels' Market Development

The article is dedicated to the analysis of current trends, key influencing factors, and development prospects of the global solar energy market. The authors examine the economic, technological, and geopolitical aspects of the industry's development, emphasizing its role in the global transition to renewable energy sources. Solar energy is one of the most dynamic sectors of the world economy, due to the rapid growth in demand for clean and affordable energy solutions. The article emphasizes that technological progress, economies of scale, and government support have significantly reduced the cost of solar panels, making them competitive with traditional energy sources. Specifically, the cost of photovoltaic (PV) technologies has decreased by 80–90% over the last decade, facilitating their widespread implementation – from residential systems to industrial solar parks. Another important aspect of the research is the analysis of the geographical dynamics of the market. If at the beginning of the industry's development the leaders were Europe, North America, and China, today countries in Asia, Africa, Latin America, and the Middle East are actively joining them. The authors pay particular attention to China's dominance, which accounts for over 80% of the world's solar panel production. This is due to factors such as government support, cheap labor, a closed production cycle, and a large domestic market. In the first half of 2023, Chinese companies such as Jinko Solar, Trinasolar, and Longi Solar supplied over 40% of global module shipments. The article examines the main types of solar panels, their advantages, and disadvantages in detail. The authors conclude that solar energy will become the main driver of the energy transition, but for this it is necessary to: optimize supply chains and installation processes, develop local production capacities to reduce dependence on imports, and invest in R&D to enhance technology efficiency.

Keywords: solar energy, renewable energy sources, China, globalization, technological progress.

Fig.: 1. Tabl.: 1. Bibl.: 10.

Simakhova Anastasiia O. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Professor of the Department of Economics, State University "Kyiv Aviation Institute" (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

E-mail: anastasiia.simakhova@npp.kai.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7553-4531>

Researcher ID: AFP-9627-2022

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57194637544>

Sencha Ivan O. – Master of the Department of Economics, State University "Kyiv Aviation Institute" (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

E-mail: 6903858@stud.kai.edu.ua

Світовий ринок сонячних панелей відіграє вирішальну роль у глобальному переході до чистої та відновлюваної енергетики. Фотоелектричні модулі, які перетворюють сонячне світло на електроенергію, стають все більш важливою альтернативою викопним паливам, сприяючи зменшенню вуглецевих викидів і зміцненню енергетичної безпеки.

У сучасних умовах, коли світ стикається із загрозами зміни клімату та дефіцитом ресурсів, сонячна енергетика пропонує ефективне рішення. Вона не тільки знижує залежність від обмежених джерел енергії, але й сприяє енергетичній незалежності країн.

Ринок сонячної енергії охоплює різноманітні технології, географічні регіони та сфери застосування. Його основу становлять виробництво, постачання та використання сонячних панелей, які працюють за принципом фотоелектричного ефекту. Найпоширеніші модулі виготовляються з кремнієвих напівпровідників, проте також застосовуються інноваційні рішення, такі як тонкоплівкові сонячні елементи, що розширюють можливості галузі [1].

Світовий ринок сонячної енергетики переживає стрімке зростання, що зумовлено екологічними викликами, технологічним прогресом та економічною доцільністю. Дослідження цього ринку є критично важливим для України, особливо в контексті відбудови енергетичної інфраструктури після війни.

Проблематику розвитку сонячних батарей останнім часом досліджували зарубіжні науковці А. Мака, Дж. Алабід, які приділили увагу ролі сонячної енергетики в сталому розвитку [2]. Українські вчені О. Д'яченко, О. Бялковська, Я. Гук досліджували ефективність та перспективи сонячної енергетики для зміцнення енергетичної безпеки України [3; 4]. Проте питання аналізу економічних аспектів розвитку сонячної енергетики потребує детальнішого дослідження.

Метою даної статті є аналіз економічної складової розвитку ринку сонячних панелей.

Для досягнення мети статті було використано загальнонаукові методи аналізу та синтезу даних, порівняння та систематизації. Інформаційною базою статті стали наукові праці українських і зарубіжних авторів з тематики сонячної енергетики, дані інтернет-ресурсів.

Однією з ключових особливостей ринку сонячної енергетики є його стрімке зростання в останні десятиліття. Завдяки технологічним прогресам, ефекту масштабу та державній підтримці вартість сонячних панелей значно знизилася, що зробило їх конкурентоспроможною альтернати-

вою традиційній енергетиці. Сьогодні сонячні електростанції впроваджуються по всьому світу – від невеликих дачних установок до потужних промислових сонячних парків.

За останнє десятиріччя світовий ринок сонячних панелей пережив справжню революцію, перетворившись з нішевої технології на один із основних драйверів глобального енергетичного переходу. Вартість фотоелектричних модулів впала майже на 90% завдяки масштабуванню виробництва, технологічним інноваціям та ефекту конкуренції, особливо з боку китайських виробників. Паралельно технологічний прогрес призвів до появи нових поколінь панелей з вищою ефективністю, таких як перовскітні та тандемні елементи, які обіцяють подальше зниження цін і підвищення ККД.

Ринок сонячної енергетики має чітко виражену глобальну динаміку. Якщо спочатку лідерами галузі були Європа, Північна Америка та Китай, то сьогодні до них активно приєднуються країни Азії, Африки, Латинської Америки та Близького Сходу. Таке розширення свідчить про зростаючу доступність сонячних технологій та їхню адаптацію до різних кліматичних та економічних умов [5].

Сучасний ринок пропонує кілька типів сонячних панелей, кожен з яких має унікальні характеристики:

- ✦ **монокристалічні модулі.** Виготовляються з високочистого кремнію за методом Чохральського. Відзначаються високим ККД (17–22%) і довговічністю (35–40 років). Їхня ефективність робить їх ідеальним вибором для регіонів з обмеженою площею установки;
- ✦ **полікристалічні модулі.** Виробляються з кремнієвих полікристалів, що дозволяє знизити собівартість. Хоча їхній ККД нижчий (12–18%), вони мають довший термін експлуатації (50–60 років) та менші втрати потужності з часом, що робить їх економічно вигідними для тривалих проєктів;
- ✦ **тонкоплівкові модулі.** Використовують мінімальну кількість кремнію, але мають низький ККД (5–6%). Через це вони менш поширені в регіонах із помірним кліматом, але можуть бути ефективними в специфічних умовах.

Сонячна енергетика – це не просто альтернатива традиційним джерелам, а стратегічний напрямок майбутнього. Сонце, як нескінченне джерело енергії, стане основним драйвером світової економіки, сприяючи стабільному розвитку та зменшенню впливу на навколишнє середовище. Впровадження інноваційних техно-

логій і глобальне впровадження відновлюваної енергетики відкривають нові можливості для міжнародного співробітництва та економічного зростання [6].

Інформація, надана компаніями, свідчить, що обсяги поставок модулів від Jinko Solar, Astronergy і DAS Solar перевищили 40% у першій половині 2023 р. (табл. 1).

Отже, проаналізувавши дані, ми дійшли висновку, що Китай є абсолютним лідером з виробництва енергогенеруючих потужностей. Серед топ-20 виробників – 16 китайських компаній та лише по 4 компанії з Канади, Німеччини, Тайваню та Індії. Китай домінує у виробництві сонячних панелей завдяки різним факторам, таким як велика частка державних замовлень у вироб-

Таблиця 1

Рейтинг виробників та обсяг виробництва сонячної енергії, січень – червень 2023 р.

№ з/п	Назва компанії	Країна	Обсяг ГВт
1	JinKo Solar	Китай	31
2	Trinasolar	Китай	28
3	Longi Solar	Китай	27
4	Ja SOLAR	Китай	25
5	Canadian Solar	Канада	14
6	Risen	Китай	11,7
7	ASTRONERGY	Німеччина	11,5
8	TW SOLAR	Тайвань	11
9	DAsolar	Китай	7,5
10	SUNTECH	Китай	4,5
11	Solargiga Energy	Китай	4,2
12	Yingu Solar	Китай	3,8
13	DMEGC	Китай	3,6
14	Hyansheng Solar	Китай	3,5
15	GCL	Китай	2,5
16	DAH Solar	Китай	2,5
17	EGING PV	Китай	2,4
18	REDSOLAR	Індія	2,3
19	CECEP Solar	Китай	1,9
20	ZNSHINE SOLAR	Китай	1,9

Джерело: складено за [7].

ництві, великий внутрішній ринок, дешева робоча сила та замкнутий цикл виробництва.

Світовий ринок сонячної енергетики наразі переживає значне зростання і трансформацію, що значною мірою зумовлено поєднанням таких факторів, як технологічний прогрес, політика підтримки, зниження витрат і збільшення інвестицій. Технологічні прориви призвели до значного зниження вартості сонячної фотоелектричної (ФЕ) технології, що робить сонячну енергію більш конкурентоспроможною порівняно з традиційними викопними видами палива. Крім того, постійні дослідження та розробки призвели до появи таких інновацій, як перовскітні та тандемні сонячні елементи, що обіцяють ще вищу ефективність та нижчу вартість у майбутньому.

Світовий ринок сонячних модулів можна розділити на такі сегменти: Технологія, Мережа, Застосування та Регіон. За технологією ринок можна поділити на тонкоплівкові, фотоелектричні (PV), концентровану сонячну енергію (CSP), кристалічний кремній та інші технології. Крім того, на основі мережі, ринок можна сегментувати на мережеві та автономні системи. За сферою застосування ринок можна сегментувати на житловий, комунальний, комерційний і промисловий. За регіонами ринок поділяється на Північну Америку, Європу, Азійсько-Тихоокеанський регіон, Латинську Америку, Близький Схід та Африку.

Зростання населення в країнах, що розвиваються, в останні роки суттєво вплинуло на тенденції у виробництві електроенергії. У міру того, як по-

силюються зусилля зі скорочення викидів вуглецю, відбувається все більший перехід до використання відновлюваних джерел енергії для виробництва електроенергії, що знаменує собою значний відхід від традиційних джерел енергії, таких як нафта і вугілля. Цей перехід розглядається як життєздатна та екологічно чиста альтернатива і набирає обертів завдяки своєму потенціалу скорочення викидів вуглецю.

У 2024 р. сонячна енергетика зросла на рекордні 474 ТВт·год, що стало найбільшим річним зростанням, коли-небудь зафіксованим в абсолютному вираженні, і найшвидшим зростанням за останні шість років (+29%). Сонячна енергетика зберегла свої надзвичайно високі темпи зростання навіть тоді, коли ця технологія стала основним рушієм нової генерації електроенергії. Як результат, сонячна генерація подвоювалася кожні три роки, досягнувши 2 131 ТВт·год у 2024 р. [8].

Аналіз основних тенденцій експорту та імпорту сонячних панелей дає цінну інформацію про динаміку ринку сонячної енергетики та взаємозв'язок глобальних торговельних мереж. Розуміння закономірностей експортно-імпоротної діяльності дозволяє виявити ключові рушійні сили ринку, такі як технологічний прогрес, політичні стимули та економічні фактори, що формують ландшафт сонячної енергетики.

Зростання експорту сонячної енергії з Китаю допомагає задовольнити зростаючий попит на екологічно чисту та доступну електроенергію, що стимулюється такими ринками, як Європа та Південна Африка, які прагнуть підвищити енергетичну безпеку. У першій половині 2023 р. експорт сонячних панелей з Китаю зріс на 34%, при цьому по всьому світу було відвантажено 114 ГВт у порівнянні з 85 ГВт за аналогічний період минулого року. Це еквівалентно загальній встановленій потужності сонячних панелей у США (113 ГВт) (рис. 1).

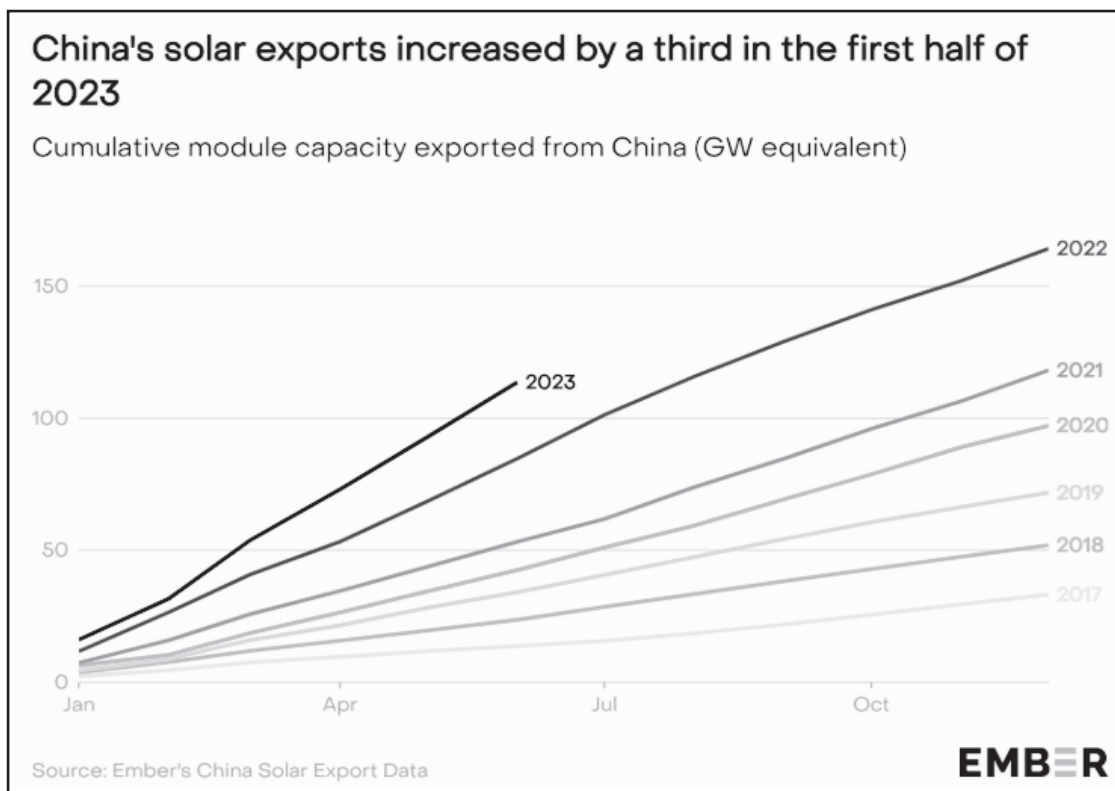


Рис. 1. Зростання китайського експорту сонячної енергетики

Джерело: [9].

Більше половини сонячних модулів, експортованих з Китаю в першій половині 2023 р., були призначені для Європи (58%). У цьому регіоні також спостерігалось найбільше абсолютне зростання у світі: експорт сонячних модулів з Китаю до Європи збільшився на 47% у річному обчисленні.

Китай продовжує залишатися країною з найбільшим зростанням сонячної генерації, додавши 250 ТВт·год – більше половини глобальної зміни генерації (53%) у 2024 р. і в чотири рази більше, ніж другий за величиною приріст у Сполучених Штатах (+64 ТВт·год). Це збільшило

витрати сонячної генерації в Китаї на вражаючі 43% порівняно з 2023 р. [8].

У США, Бразилії, Індії та Німеччині також спостерігалось рекордне зростання генерації завдяки рекордним потужностям установок у 2023 і 2024 роках. Бразилія швидко стала одним із найбільших світових ринків сонячної енергетики. Збільшення сонячної генерації на 23 ТВт-год (+45%) у 2024 р. зробило її третьою країною з найвищими темпами зростання другий рік поспіль [8].

Таким чином, світовий ринок сонячних панелей за останнє десятиліття демонструє стрімке зростання, зумовлене глобальним переходом до відновлюваних джерел енергії, необхідністю декарбонізації економіки та вдосконаленням технологій виробництва. Сонячна енергетика стала одним із ключових елементів енергетичної трансформації як у розвинених країнах, так і у державах, що розвиваються. Основні тенденції розвитку:

- ✦ *зростання встановленої потужності та зниження вартості.* За останні 10 років ціни на сонячні панелі знизились більш ніж на 80%, що зробило цю технологію доступною для широкого кола споживачів;
- ✦ *технологічні інновації.* Розробка тонкоплівкових панелей, двосторонніх модулів, панелей з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) та перовськітних технологій дає змогу підвищувати ефективність генерації електроенергії. Впровадження інтелектуальних енергосистем сприяє інтеграції сонячної енергетики в загальнонаціональні енергосистеми;
- ✦ *екологічний і геополітичний чинник.* Сонячна енергетика дозволяє зменшити викиди парникових газів, знизити залежність від імпорту викопного палива та підвищити енергетичну незалежність країн. Геополітична нестабільність і війни, зокрема в Україні та на Близькому Сході, посилили інтерес країн до розвитку локальних відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних.

Безумовно, розвиток сонячної енергетики є актуальним і для України в умовах відбудови енергосистеми після руйнувань. Досвід Європи показує, що сонячна енергія може забезпечити швидке відновлення електропостачання в умовах обмежених ресурсів. Україна має великий потенціал сонячної енергії (особливо південь та центральні регіони). Потенційно інвестиції в сонячні панелі в Україні дозволять: зменшити тарифи на електроенергію для населення та бізнесу, створити нові робочі місця у відновлюваній енергетиці.

Досвід Китаю в масовому виробництві сонячних панелей може бути корисним для України у створенні локальних виробничих кластерів.

Розвиток сонячної енергетики матиме позитивний вплив на енергетичну незалежність країни:

- ✦ сонячна енергія зменшить залежність від імпорту газу та вугілля;
- ✦ мікросітки із сонячними панелями та акумуляторами захистять критичну інфраструктуру від потенційних атак.

Таким чином, Україна має можливість перестрибнути традиційні етапи розвитку енергетики та створити сучасну, «зелену» енергосистему. Досвід світового ринку сонячних панелей доводить: інвестиції у відновлювану енергетику – це не просто екологічна необхідність, а економічна стратегія майбутнього.

ВИСНОВКИ

Отже, світовий ринок сонячних панелей переживає значне зростання та трансформацію, про що свідчать тенденції, які спостерігаються в різних регіонах. Європа виділяється значним сплеском імпорту сонячних панелей з Китаю, що посилює прихильність регіону до відновлюваної енергетики та енергетичної незалежності. Проте такі проблеми, як накопичення запасів, підкреслюють необхідність оптимізації процесів встановлення для повного використання імпортованих потужностей.

Загалом, ці тенденції свідчать про зростаючий глобальний імпульс до впровадження сонячної енергетики, зумовлений екологічними вимогами, технологічними досягненнями та соціальними імперативами розвитку [10]. Однак вирішення таких проблем, як вузькі місця в установці, тарифні обмеження та внутрішні виробничі потужності, буде мати вирішальне значення для підтримки та прискорення цього імпульсу до більш чистої і стійкої енергетики в майбутньому.

Для України розвиток сонячної енергетики має свої перспективи:

1. *Пріоритет децентралізованої енергетики:* активно впроваджувати сонячні панелі у школах, лікарнях і на підприємствах для забезпечення їх стійкості.
2. *Стимули для бізнесу:* податкові пільги для компаній, які інвестують у сонячну генерацію, підтримка місцевого виробництва панелей (наприклад, співпраця з китайськими або європейськими виробниками).
3. *Міжнародна співпраця:* залучення фінансування від ЄС, Світового банку та міжнародних фондів для «зелених» проєктів.

4. *Розвиток інновацій: підтримка досліджень у сфері енергонакопичувачів та гібридних систем для покращення ефективності.*

Перспективами подальших досліджень стане аналіз розвитку сонячної енергетики в Україні в умовах євроінтеграції. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Hansen K., Breyer C., Lund H. Status and perspectives on 100% renewable energy systems. *Energy*. 2019. Vol. 175. P. 471–480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.092>
2. Maka A. O. M., Alabid J. M. Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*. 2022. Vol. 6. Iss. 3. P. 476–483. DOI: <https://doi.org/10.1093/ce/zkac023>
3. Дьяченко О. С. Інвестиції в сонячну енергетику в децентралізованій енергосистемі як чинник зміцнення енергетичної безпеки України під час війни. (Investments in Solar Energy in a Decentralized Energy System as a Factor in Strengthening the Energy Security of Ukraine During Wartime) *Відновлювана енергетика*. 2024. № 2. С. 73–78. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2024.2\(77\)73-78](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2024.2(77)73-78)
4. Бялковська О. А., Гук Я. В. Соціально-економічні аспекти та економічні взаємовідносини як основа розвитку альтернативної енергетики. (Socio-Economic Aspects and Economic Relationships as a Basis for the Development of Alternative Energy) *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 44. С. 82–85. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.13>
5. Kalogirou S. A. *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*. 2nd Edition. Academic Press, Millbrae, CA, 2014. 760 p.
6. Quaschnig V. *Understanding Renewable Energy Systems*. Earthscan, 2016. 406 p.
7. Новий рейтинг виробників сонячних панелей за пів 2023 року. URL: <https://sun-energy.com.ua/news/noviy-reyting-virobnik%D1%96v-sonyachnih-paneley-za-p%D1%96v-2023-roku?srltid=AfmBOopEYDhY5pKVhLYd6BEkgGNz02qvRmPkYnKK9BZ0f6qwd5m9DBUg>
8. Global Electricity Review 2025. URL: <https://ember-energy.org/app/uploads/2025/04/Report-Global-Electricity-Review-2025.pdf>
9. Chins's Solar Export. URL: ember-climate.org

10. Lukianenko D., Simakhova A. Civilizational Imperative of Social Economy. *Problemy Ekorozwoju*. 2023. Vol. 18. Iss. 1. P. 129–138. DOI: <https://doi.org/10.35784/pe.2023.1.13>

REFERENCES

- Bialkovska, O. A., & Huk, Ya. V. (2024). *Sotsialno-ekonomichni aspekty ta ekonomichni vzaiemovidnosyny yak osnova rozvytku alternatyvnoi enerhetyky* [Socio-economic aspects and economic relationships as a basis for the development of alternative energy]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 44, 82–85. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.13>
- China's Solar Export. (n.d.). ember-climate.org
- Diachenko, O. S. (2024). *Investytsii v soniachnu enerhetyku v detsentralizovanii enerhosystemi yak chynnyk zmitsnennia enerhetychnoi bezpeky Ukrainy pid chas viiny* [Investments in solar energy in a decentralized energy system as a factor in strengthening the energy security of Ukraine during wartime]. *Vidnovliuvana enerhetyka*, 2, 73–78. [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2024.2\(77\)73-78](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2024.2(77)73-78)
- Global Electricity Review 2025. (n.d.). <https://ember-energy.org/app/uploads/2025/04/Report-Global-Electricity-Review-2025.pdf>
- Hansen, K., Breyer, C., & Lund, H. (2019). Status and perspectives on 100% renewable energy systems. *Energy*, 175, 471–480. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.092>
- Kalogirou, S. A. (2014). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems* (2nd ed.). Academic Press.
- Lukianenko, D., & Simakhova, A. (2023). Civilizational Imperative of Social Economy. *Problemy Ekorozwoju*, 18(1), 129–138. <https://doi.org/10.35784/pe.2023.1.13>
- Maka, A. O. M., & Alabid, J. M. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, 6(3), 476–483. <https://doi.org/10.1093/ce/zkac023>
- Novyi reytynh vyrobnykiv soniachnykh panelei za piv 2023 roku [New rating of solar panel manufacturers for the first half of 2023]. (n.d.). <https://sun-energy.com.ua/news/noviy-reyting-virobnik%D1%96v-sonyachnih-paneley-za-p%D1%96v-2023-roku?srltid=AfmBOopEYDhY5pKVhLYd6BEkgGNz02qvRmPkYnKK9BZ0f6qwd5m9DBUg>
- Quaschnig, V. (2016). *Understanding Renewable Energy Systems*.