

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

Кафедра міжнародних економічних відносин та управління проєктами

КРАСУЛЯ НАЗАРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ
ЕНЕРГЕТИКИ**

Спеціальність 292 «Міжнародні економічні відносини»

Освітньо-професійна програма «Міжнародний бізнес»

Робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Науковий керівник:

СКОРОХОД ІРИНА СВЯТОСЛАВІВНА,

доктор економічних наук, професор

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № _

засідання кафедри міжнародних

економічних відносин

та управління проєктами

від _____ 2024 р.

Завідувач кафедри

_____ проф. Бояр А. О.

ЛУЦЬК 2024

Анотація

Красуля Н. Перспективи розвитку світового ринку сонячної енергетики.

Рукопис. Кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 292 Міжнародні економічні відносини, ОПП «Міжнародний бізнес». Волинський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк, 2024. 66 с. українська мова.

Актуальність теми дослідження зумовлена тим, що сьогодні в світі спостерігається зростання попиту на чисту енергію. Світове споживання енергії постійно зростає, а разом з ним і занепокоєння щодо зміни клімату та викидів парникових газів. Сонячна енергія є відновлюваною альтернативою викопному паливу. Дослідивши сучасні тенденції розвитку світового ринку сонячної енергетики, можна визначити, що технології вдосконалюються, що робить сонячну енергетику все більш економічно вигідною та доступною.

Питання дослідження ролі сонячної енергії у вирішенні енергетичних та екологічних проблем є важливими й актуальними як для економіки країни в цілому, так і для окремих споживачів. Розвиток світового ринку сонячної енергетики може допомогти країнам та громадам стати більш енергетично незалежними від викопного палива. Зростання галузі сонячної енергетики сприятиме створенню нових робочих місць у виробництві, будівництві та обслуговуванні. Тому, зазначене питання потребує подальшого комплексного дослідження та узагальнення.

Об'єктом дослідження є світовий ринок сонячної енергетики. Предметом дослідження є особливості розвитку світового ринку сонячної енергетики.

У результаті дослідження поставлено та виконано такі завдання: розкрито сутність поняття «ринок сонячної енергетики»; визначено фактори, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики; здійснено аналіз темпів зростання світового ринку сонячної енергетики; оцінено масштаб конкуренції на ринку світової сонячної енергетики; з'ясовано проблеми розвитку світового ринку сонячної енергетики в коротко- та довгостроковому періоді; визначено перспективні напрями розвитку світового ринку сонячної енергетики; проаналізовано особливості розвитку ринку сонячної енергетики в Україні.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, зміни клімату, викиди парникових газів, сонячна енергія, технології, енергетична безпека.

Streszczenie

Krasulia N. Perspektywy rozwoju światowego rynku energii słonecznej.

Rękopis. Praca kwalifikacyjna licencjacka na specjalności 292 Międzynarodowe stosunki gospodarcze, specjalność «Biznes międzynarodowy». Wołyński Uniwersytet Narodowy imienia Łesi Ukrainki. Łuck, 2024. 66 s. Język ukraiński.

Trafność tematu badawczego wynika z faktu, że obecnie na świecie rośnie zapotrzebowanie na czystą energię. Globalne zużycie energii stale rośnie, a wraz z nim obawy związane ze zmianami klimatycznymi i emisją gazów cieplarnianych. Energia słoneczna jest odnawialną alternatywą dla paliw kopalnych. Po przestudiowaniu aktualnych trendów rozwoju światowego rynku energii słonecznej można stwierdzić, że technologie są udoskonalane, co sprawia, że energia słoneczna jest coraz bardziej opłacalna ekonomicznie i przystępna cenowo.

Zagadnienie badania roli energii słonecznej w rozwiązywaniu problemów energetycznych i środowiskowych jest ważne i istotne zarówno dla całej gospodarki kraju, jak i dla indywidualnych konsumentów. Rozwój globalnego rynku energii słonecznej może pomóc krajom i społecznościom w uniezależeniu się energetycznie od paliw kopalnych. Rozwój branży energetyki słonecznej przyczyni się do powstania nowych miejsc pracy w produkcji, budownictwie i utrzymaniu ruchu. Poruszone zagadnienie wymaga zatem dalszych kompleksowych badań i uogólnień.

Objektem badania jest światowy rynek energii słonecznej. Przedmiotem badań jest specyfika rozwoju światowego rynku energii słonecznej.

W wyniku badania postawiono i zrealizowano następujące zadania: ujawniono istotę koncepcji „rynku energii słonecznej”; określa się czynniki wpływające na rozwój rynku energii słonecznej; przeprowadzono analizę dynamiki wzrostu światowego rynku energii słonecznej; szacuje się skalę konkurencji na światowym rynku energii słonecznej; wyjaśniono problemy rozwoju światowego rynku energii słonecznej w perspektywie krótko- i długoterminowej; określono obiecujące kierunki rozwoju światowego rynku energii słonecznej; przeanalizowano specyfikę rozwoju rynku energii słonecznej na Ukrainie.

Słowa-klucze: odnawialne źródła energii, zmiany klimatyczne, emisja gazów cieplarnianych, energia słoneczna, technologie, bezpieczeństwo energetyczne.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	8
1.1. Змістовна характеристика ринку сонячної енергетики	8
1.2. Фактори, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики....	12
1.3. Методи оцінювання світового ринку сонячної енергетики.....	14
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	20
2.1. Основні тенденції розвитку галузі сонячної енергетики	20
2.2. Аналіз темпів зростання світового ринку сонячної енергетики.....	23
2.3. Оцінка масштабу конкуренції на ринку світової сонячної енергетики.	28
РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	37
3.1. Проблеми розвитку світового ринку сонячної енергетики	37
3.2. Перспективні напрями розвитку світового ринку сонячної енергетики	42
3.3. Оцінка розвитку ринку сонячної енергетики в Україні	50
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сонячна енергетика є важливою складовою сучасного світового енергетичного сектору. Як відновлюване джерело енергії вона характеризується екологічною чистотою, що сприяє зменшенню викидів парникових газів в атмосферу та забезпеченню енергетичної безпеки та сталого розвитку. Політика та заходи щодо пом'якшення наслідків зміни клімату сприяють розвитку відновлюваної енергетики, зокрема сонячної. Різноманітні стимули, спрямовані на пом'якшення викидів парникових газів, допомогли перейти на використання сонячної енергії в промислово розвинених країнах. У випадку країн, що розвиваються, механізм чистого розвитку згідно з Кіотським протоколом є основним засобом застосування сонячної енергії в умовах зміни клімату.

Зростання світового попиту на енергію, пошук нових та ефективних джерел стає вагомим завданням для всіх країн світу. Інтенсивний розвиток світового ринку сонячної енергетики тісно пов'язаний із зменшенням залежності від викопного палива та вирішенням проблем забруднення навколишнього середовища.

Сонячна енергетика є найпоширенішим та доступним відновлюваним джерелом енергії, і в більшості регіонів світу її технічно доступний потенціал значно перевищує поточний загальний запас первинної енергії в цих регіонах. Технології сонячної енергії можуть допомогти вирішити проблему доступу до енергії для сільських і віддалених громад. Енергетична безпека та пом'якшення наслідків зміни клімату є ключовим інструментом для зниження світового обсягу викидів вуглецю.

Україна, знаходячись на перехресті європейських енергетичних мереж, займає важливе місце в енергетичній карті світу. З її сприятливими природними умовами та стратегічним розташуванням, Україна володіє значним потенціалом для розвитку сонячної енергетики. Однак, попри всі переваги, реалізація цього

потенціалу потребує виваженої стратегії, інноваційних підходів та відповідного регулювання.

Мета дослідження – теоретичне обґрунтування ролі сонячної енергії у вирішенні енергетичних та екологічних проблем суспільства та визначення перспектив розвитку ринку сонячної енергетики в світі та Україні.

Відповідно до мети, об'єкта і предмету дослідження були визначені наступні **завдання**:

- розкрити сутність поняття «ринок сонячної енергетики»;
- визначити фактори, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики;
- охарактеризувати методи оцінювання світового ринку сонячної енергетики;
- визначити основні тенденції розвитку галузі сонячної енергетики;
- здійснити аналіз темпів зростання світового ринку сонячної енергетики;
- оцінити масштаб конкуренції на ринку світової сонячної енергетики;
- з'ясувати проблеми розвитку світового ринку сонячної енергетики в коротко- та довгостроковому періоді;
- визначити перспективні напрями розвитку світового ринку сонячної енергетики;
- проаналізувати особливості розвитку ринку сонячної енергетики в Україні.

Об'єкт дослідження – світовий ринок сонячної енергетики.

Предмет дослідження – особливості розвитку світового ринку сонячної енергетики.

Методи дослідження. Основою методології дослідження є комплексний підхід до вивчення проблем розвитку світового ринку сонячної енергетики. Дослідження здійснюється із застосуванням комплексу методів. Найважливішими є метод наукової абстракції, аналізу та синтезу, індукції та

дедукції, поєднання історичного та логічного підходів, порівняння, кількісний аналіз, системний підхід, методи економетричного моделювання та ін.

Інформаційною основою написання бакалаврської роботи стали наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених, матеріали конференцій і семінарів щодо особливостей розвитку світового ринку сонячної енергетики, теоретико-методологічних, організаційних та практичних питань статистичного вивчення світового ринку сонячної енергетики, довідкові й інформаційні видання, Інтернет-ресурси.

Практичне значення. Положення та висновки роботи сприятимуть подальшому вивченню особливостей розвитку світового ринку сонячної енергетики. Практична значимість результатів дослідження визначається можливістю використання положень роботи у навчальному процесі.

Структура роботи. Бакалаврська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (50 найменувань) та додатків. Загальний обсяг бакалаврської роботи 67 сторінок комп'ютерного тексту, містить 23 таблиці і 13 рисунків).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Змістовна характеристика ринку сонячної енергетики

Галузь сонячної енергетики є надзвичайно привабливою та перспективною на сучасному етапі, оскільки вона є екологічно чистим та відновлюваним джерелом енергії, що відповідає глобальним трендам на декарбонізацію та боротьбу зі зміною клімату. Використання сонячної енергії дозволяє зменшити викиди парникових газів та знизити залежність від викопних видів палива.

Окрім того, одним із найбільш привабливих аспектів сонячної енергетики є її низька схильність до коливань цін на паливо, які часто спостерігаються для інших джерел енергії, таких як нафта та природний газ. Вартість електроенергії, яку виробляють сонячні панелі, залишається стабільною протягом тривалого часу. Технології для генерування сонячної енергії стрімко розвиваються та дешевшають, що робить її все більш конкурентоспроможною порівняно з традиційними джерелами енергії. За останнє десятиліття вартість сонячних панелей знизилась більш ніж на 80%, і ця тенденція, як очікується, продовжуватиметься [39].

Сонячна енергетика – отримані від сонця тепло і світло, тобто електромагнітні випромінювання, до яких відносяться теплові хвилі (інфрачервоні промені), світлові і радіохвилі. Вони поглинаються панелями з фотоелементами і теплообмінником.

Сонячна енергія перетворюється на електричну двома способами: перший – це в основному за допомогою фотоефекту, тобто енергія фотонів передається електронам речовини, а ті створюють електричний струм, другий – це енергія фотонів перетворюється на потенційну енергію розширення робочого тіла – пари, яка надходить у турбіну, що обертає генератор. Приблизно такої думки

дотримуються Бубенчиков А. А., В. О. Молодих, А. І. Руденко, які вважають, що сонячна енергетика пов'язана з перетворенням сонячного випромінювання на інші технологічні види енергії, використовувані людиною для своїх потреб [1].

Сонячні електростанції є екологічно сприятливими з боку їх функціонування, але сама наявність станції вимагає великих площ, що призводить до деградації території, яка є природним місцем проживання багатьох видів тварин і комах, що підтримують дику природу. Найчастішим явищем є загибель птахів від сконцентрованих сонячних променів. При виробництві сонячних модулів використовуються небезпечні для живих організмів хімічні речовини: токсичні гази, вибухонебезпечні леткі речовини, корозійні рідини та канцерогени, які можуть спричинити різні захворювання. Також великий ризик витоку та збільшення концентрації в повітрі, землі та воді реагентів, що використовуються для утилізації відпрацьованих модулів. Це стосується станцій, які використовують явище фотоефекту.

Багато країн вкладають значні зусилля в розвиток сонячної енергетики шляхом введення фінансових стимулів, законодавчих ініціатив та інфраструктурних програм. Це стимулює ринок та створює сприятливі умови для інвестування [21].

Попит на електроенергію у світі постійно зростає, особливо в країнах, що розвиваються. Сонячна енергетика може відігравати важливу роль у задоволенні цього попиту, забезпечуючи доступ до електроенергії у віддалених та малозабезпечених регіонах. Окрім того, розвиток сонячної енергетики має значний потенціал для створення нових робочих місць та стимулювання економічного розвитку. За оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), кожен мільйон доларів, інвестований у сонячну енергетику, створює близько 25 робочих місць [34].

Загалом, сонячна енергетика приваблює як інвесторів, так і споживачів через свою екологічну чистоту, незалежність від коливань цін, технологічний

прогрес та підтримку державною політикою. Це робить її одним із найбільш перспективних секторів для подальшого аналізу та розвитку.

Світовий ринок сонячної енергетики характеризується значним зростанням в останні роки завдяки як технологічним розробкам, що призвели до скорочення витрат, так і державній політиці багатьох країн світу, що підтримує розвиток і використання відновлюваних джерел енергії. Як і інші види відновлюваної енергетики, сонячна енергетика отримує переваги від фіскальних і регуляторних стимулів, включаючи податкові пільги та звільнення від сплати податків, пільгові тарифи, пільгові процентні ставки та добровільні програми зеленої енергії в багатьох країнах. Незважаючи на величезний технічний потенціал, розвиток і широкомасштабне впровадження технологій сонячної енергії в усьому світі все ще має подолати ряд технічних, фінансових та регуляторних бар'єрів. Продовження політики підтримки зростання ринку сонячної енергетики може знадобитися протягом наступних десятиліть як у розвинених країнах, так і в країнах, що розвиваються.

Отже, ринок сонячної енергетики - це комплекс економічних відносин, що складаються з виробництва, оптового та роздрібного продажу, а також споживання сонячної енергії. Він охоплює всі аспекти, пов'язані з сонячними панелями, інверторами, акумуляторами, іншими компонентами сонячних систем та послугами з їх встановлення та обслуговування.

Структура ринку сонячної енергетики:

- *виробники*: компанії, які проектують, виробляють та продають сонячні панелі, інвертори, акумулятори та інші компоненти сонячних систем;
- *оптові торговці*: компанії, які закупають сонячні компоненти у виробників та перепродають їх інсталяторам та дистриб'юторам;
- *інсталятори*: компанії, які проектують, встановлюють та обслуговують сонячні системи для житлових, комерційних та промислових клієнтів;
- *дистриб'ютори*: компанії, які продають сонячні компоненти та системи кінцевим споживачам;

– *споживачі*: приватні особи та компанії, які купують та використовують сонячні системи для виробництва електроенергії для власних потреб [44].

Держава також відіграє важливу роль на ринку сонячної енергетики, а саме: формує нормативно-правову базу щодо регулювання виробництва, продажу та використання сонячних систем; надає податкові пільги, субсидії та інші стимули для розвитку ринку сонячної енергетики; здійснює фінансування досліджень та розробок у сфері нових сонячних технологій.

Основними сегментами ринку сонячної енергетики є:

– ***ринок сонячних панелей***: це найбільший сегмент ринку сонячної енергетики, він охоплює виробництво, продаж та встановлення сонячних панелей;

– ***ринок інверторів***: інвертори перетворюють постійний струм, що виробляється сонячними панелями, на змінний струм, який використовується в більшості побутових та комерційних приладів;

– ***ринок акумуляторів***: акумулятори використовуються для зберігання сонячної енергії, щоб вона могла бути використана вночі або під час відключення електроенергії.

– ***ринок сонячних систем для житлових будівель***: цей сегмент ринку охоплює продаж та встановлення сонячних систем для приватних будинків.

– ***ринок сонячних систем для комерційних будівель***: цей сегмент ринку охоплює продаж та встановлення сонячних систем для комерційних будівель, таких як офісні будівлі, магазини та школи.

– ***ринок сонячних систем для промислових підприємств***: цей сегмент ринку охоплює продаж та встановлення сонячних систем для промислових підприємств [44].

Вартість сонячних панелей та інших компонентів сонячних систем значно знизилася за останні роки, що робить сонячну енергетику більш доступною для споживачів оскільки все більше людей усвідомлюють необхідність скорочення викидів парникових газів та захисту навколишнього середовища. Сонячна

енергія є чистим джерелом енергії, яке не сприяє зміні клімату. Уряди країн все більше підтримують розвиток сонячної енергетики, пропонуючи стимули та субсидії.

Таким чином, розвиток ринку сонячної енергетики є перспективним у майбутньому. Використання сонячної енергії позитивно вплине на довкілля та здоров'я населення.

1.2. Фактори, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики

Сонячна енергетика є однією з найбільш динамічних та перспективних галузей відновлюваної енергетики, яка активно розвивається в усьому світі [5]. Ринок сонячної енергетики охоплює виробництво, встановлення та експлуатацію сонячних електростанцій, а також виробництво та продаж обладнання для генерування сонячної енергетики, такого як фотоелектричні панелі, інвертори, системи кріплення тощо [37].

Світовий ринок сонячної енергетики демонструє стрімке зростання протягом останніх років. Це обумовлено низкою факторів, серед яких зниження вартості технологій сонячної енергетики, зростання попиту на електроенергію, необхідність зменшення викидів парникових газів та забезпечення енергетичної безпеки [36].

Ключовими гравцями на світовому ринку сонячної енергетики є Китай, США, Японія, Німеччина та Індія. Ці країни є лідерами як за встановленою потужністю сонячних електростанцій, так і за обсягами інвестицій у розвиток сонячної енергетики [38].

Окрім країн-лідерів, значний внесок у розвиток світового ринку сонячної енергетики роблять також країни Європейського Союзу, Австралія, Південна Корея, Бразилія та інші. Багато країн, що розвиваються, зокрема в Африці та Південно-Східній Азії, також активно інвестують у розвиток сонячної енергетики, розглядаючи її як перспективний напрямок для забезпечення енергетичних потреб та стимулювання економічного розвитку [9].

Ринок сонячної енергетики зазнає значних змін від різних факторів, війна, COVID-19, ріст цін на енергоносії та інші. Серед основних факторів, що впливають на розвиток ринку сонячної енергетики виділяють:

Економічні фактори:

- вартість технологій: зниження вартості сонячних панелей та інших компонентів робить сонячну енергетику більш доступною;
- ціни на електроенергію: зростання цін на електроенергію робить сонячну енергетику більш економічно вигідною альтернативою;
- стимули та субсидії: урядові стимули, такі як податкові пільги та субсидії, можуть стимулювати розвиток сонячної енергетики;
- ріст попиту на відновлювальні джерела: в світі існує стабільний ріст попиту на відновлювальні джерела енергії, цей рух вже давно почався і щорічно зростає сумарна встановлена потужність проектів відновлюваних джерел енергії;
- фінансування: доступність фінансування для проектів сонячної енергетики є важливим фактором.

Технологічні фактори:

- ефективність сонячних панелей: покращення ефективності сонячних панелей призводить до більшого виробництва електроенергії з менших за розміром панелей;
- технологічні інновації: розробка нових технологій зберігання енергії та інших технологій може зробити сонячну енергетику більш надійною та гнучкою.

Політичні та регуляторні фактори:

- урядова політика: сприятлива урядова політика, що підтримує розвиток відновлюваних джерел енергії, може стимулювати зростання ринку сонячної енергетики;
- регуляторні рамки: чіткі та прозорі регуляторні рамки важливі для залучення інвестицій у сонячну енергетику.

Соціальні та екологічні фактори:

– зростаюча екологічна свідомість: стурбованість зміною клімату та забрудненням навколишнього середовища робить сонячну енергетику більш привабливою альтернативою викопному паливу.

– підтримка громадськості: сонячна енергетика користується все більшою підтримкою з боку громадськості, що стимулює попит на цю технологію.

Вплив війни в Україні:

– війна в Україні призвела до значного зростання цін на енергоносії, що робить сонячну енергетику більш економічно вигідною альтернативою;

– перебої з постачанням енергоносіїв сприяють зростанню інтересу до сонячної енергетики, як до джерела децентралізованої та безпечної енергії.

Важливо зазначити, що вплив цих факторів може варіюватися залежно від країни та регіону. Зростання ринку сонячної енергетики має багато переваг, таких як:

- ✓ зниження викидів парникових газів: сонячна енергетика є чистим джерелом енергії, яке не сприяє зміні клімату;
- ✓ покращення енергетичної безпеки: сонячна енергетика може допомогти країнам зменшити свою залежність від викопного палива;
- ✓ ринок сонячної енергетики створює багато робочих місць у сфері виробництва, будівництва та обслуговування;
- ✓ розвиток сонячної енергетики може стимулювати економічний розвиток, особливо у сільській місцевості.

Загалом, ринок сонячної енергетики динамічно розвивається і має значний потенціал для зростання в найближчі роки.

1.3. Методи оцінювання світового ринку сонячної енергетики

На різних етапах розвитку міжнародних економічних відносин взагалі й світового ринку сонячної енергетики зокрема використовувалися різні методи

наукового дослідження, багато з них зберігають своє значення і в даний час, наприклад, аналіз і синтез, індукція і дедукція, порівняння, аналогія та ін.

Аналіз і синтез. Аналіз (від грец. «analysis» – розкладання) – метод наукового дослідження, що складається в уявному розкладанні цілого на складові для виявлення відмінного в економічних явищах. Синтез (від грец. «synthesis» – з'єднання) дозволяє подумки з'єднати в єдине ціле окремі складові і виявити те загальне, що їх пов'язує. Аналіз – це вивчення явища по частинах, а синтез – як єдиного цілого. Наприклад: Ціна об'єкта угоди включає два основних елементи: собівартість і прибуток. Собівартість того чи іншого продукту можна розкласти на окремі складові – статті калькуляції. Разом з тим собівартість конкретного продукту можна розглядати як певну сукупність витрат підприємства (фірми).

Індукція і дедукція. Індукція (від лат. «inductio» – наведення) заснована на русі від часткового до загального, від одиничних фактів і випадків до загального висновку, до узагальнень. Дедукція (від лат. «deductio» – виведення) – метод логічного висновку від загального до конкретного. «Індукція, доповнена аналізом і дедукцією, з'єднує разом відповідні класи фактів, впорядковує їх і виводить з них загальні формулювання, або закони» [2].

Порівняння є зіставленням для встановлення подібності та відмінності в економічних явищах або процесах, воно відіграє важливу роль в дослідженні різних проявів господарського життя. Зіставлення невідомого з відомим, хорошого з кращим не виключає саму можливість проникнення в суть економічного процесу; порівняння обмежується лише поверхневою оцінкою фактів або явищ.

Аналогія (від грец. «analogia» – відповідність, «analogos» – відповідний) – вид умовиводу, заснований на схожості явищ, перенесенні властивостей з відомого на невідоме. Це дозволяє з відомими допущеннями розглядати аналогію як окремий випадок індукції [2].

Конкретне й абстрактне. Конкретне (від лат. «concretus» – згущений, ущільнений) – це реально існуюче, певне явище. У ньому переплітаються

важливе і неважливе, істотне і неістотне, стабільне і нестабільне, стійке та нестійке. Конкретними, наприклад, були промислові революції в Англії, Франції, Німеччини, які мали щось спільне, але й відмінне, тому були цілком конкретними і визначними для кожної з перерахованих країн.

Абстракція (від лат. «abstractio» – відволікання) є уявним відверненням від неістотних, другорядних властивостей та ознак явищ і чинників, це – виділення найбільш значущого, що виражається в поняттях, категоріях і законах [2].

Поза сумнівом, залишаються привабливими історичний, хронологічний і логічний методи, а також статистичного та математичного аналізу. Все це дозволяє нам вирішувати два найважливіших комплекси завдань: теоретичного плану і практичного.

Таким чином, у своїй роботі ми використовували широкий методичний інструментарій, завдяки якому вирішувалися теоретичні й практичні завдання з визначення сучасних тенденцій розвитку світового ринку сонячної енергетики. Розглянемо їх більш детально у взаємозв'язку з вказаною темою дослідження.

Специфічність об'єкта дослідження і багатоплановий характер його предмета зумовили необхідність використання в процесі дослідження системного підходу, який активно використовується при дослідженні проблематики міжнародних економічних відносин. Застосування системного підходу дозволяє розкрити розвиток відносин між країнами на світовому ринку сонячної енергетики разом з їх змістом, динамікою, взаємозумовленістю і взаємовпливом різних чинників. Принцип системності орієнтує на комплексне розуміння та аналіз особливостей альтернативних джерел енергії у міжнародних економічних відносинах країн світу. Його сутність полягає в комплексному аналізі змін в економічних відносинах на світовому енергетичному ринку, формуванні енергетичної, економічної та стратегічної політики держав з огляду на їх орієнтування на альтернативну енергетику, дослідженні їх як єдиного цілого з узгодженим функціонуванням усіх елементів та частин в умовах функціонування міжнародної економічної системи. Це

також дозволяє не лише проаналізувати розвиток альтернативної енергетики в рамках системи міжнародних економічних відносин, а й визначити можливості її впливу на формування енергетичних стратегій будь-якої країни. Саме тому його застосування потребує кожен об'єкт наукового дослідження.

Системний метод допоміг розкрити структуру ринку сонячної енергетики, завдяки цьому вдалося не лише всебічно окреслити необхідність пошуку, розвитку, вивчення, виробництва та впровадження способів вироблення електроенергії з використанням сонця, а й виявити їх характерні риси, зміст та головні тенденції.

Серед основних методів, без яких неможливе дослідження проблеми, слід назвати хронологічно-проблемний, який допомагає розглянути міжнародні економічні відносини у сфері енергетики як явище минулого в контексті відповідної енергетичної ситуації в країнах світу.

Принципи багатосторонності й діалектичного розвитку допомагають нам розкрити не тільки основні події й процеси, але й деталі розвитку та зміни світового ринку сонячної енергетики за досліджуваний період.

Метод синтезу – передбачає синтезування великої інформації та реконструкцію, на основі отриманих даних, обставин формування та втілення міжнародних економічних та енергетичних стратегій розвитку альтернативної енергетики.

У процесі підготовки роботи застосувалися також порівняльний метод, який дозволив більш ґрунтовно проаналізувати стан розвитку сучасного світового ринку сонячної енергетики, а також з'ясувати чому переважній більшості країн, які розвиваються не вдалося встановити найбільш ефективного енергетичного курсу розвитку альтернативної енергетики на відміну від розвинутих країн світу, які перебувають на лідируючих позиціях у вкладенні інвестицій у пошук і розвиток новітніх технологій вироблення електроенергії з використанням сонця.

Практична цінність та наукова достовірність результатів дослідження, а також об'єктивність історичних оцінок передумов формування світового ринку

сонячної енергетики, досягнуті за рахунок широкого використання синтезу загально- та спеціально-наукових методів наукового пізнання.

У своїй роботі ми спиралися на комплекс методів, застосували принципи їх взаємодоповнюваності. Широкого застосування набули, зокрема, діалектичний, логіко-історичний; структурний та системний методи. Так, дослідження особливостей встановлення зовнішньо-економічних відносин на ринку сонячної енергетики з метою розв'язання спірних проблем його розвитку було здійснено за допомогою діалектичного та системного методів.

Історико-правовий метод використовувався в процесі дослідження передумов та чинників формування світового ринку альтернативних джерел енергії. А метод ретроспективного аналізу було застосовано для визначення місця альтернативної енергетики в міжнародній системі економічних відносин у кінці ХХ – поч. ХХІ ст.

Отже, під час дослідження сучасних тенденцій розвитку ринку сонячної енергетики крім загальнонаукових методів нами застосовані аналіз і синтез; індукція й дедукція; історичний, логічний, порівняльний та інші методи. Застосування у комплексі усіх вищезгаданих методів дає змогу якнайповніше дослідити те чи інше явище на світовому ринку сонячної енергетики.

Окрім того, існують і інші методи, які, нами використовувалися для оцінки світового ринку сонячної енергетики:

– *аналіз обсягу встановлених потужностей*: цей метод ґрунтується на відстеженні загальної кількості сонячних панелей, які були встановлені у всьому світі. Дані про встановлені потужності збираються з різних джерел, таких як урядові органи, аналітичні компанії та виробники сонячних панелей. Він дає чітке уявлення про загальний розмір ринку та його динаміку зростання.

– *прогнозування попиту*: метод використовує різні фактори, такі як економічне зростання, ціни на енергоносії, урядові стимули та технологічні інновації, для прогнозування майбутнього попиту на сонячну енергію. Прогнози попиту зазвичай робляться аналітичними компаніями та

дослідницькими інститутами. Цей метод є корисним для оцінки потенціалу зростання ринку сонячної енергетики.

– *аналіз цін*: метод відстежує ціни на сонячні панелі, інвертори, акумулятори та інші компоненти сонячних систем. Аналіз цін може допомогти зрозуміти тенденції на ринку та фактори, які впливають на ціни. За допомогою цього методу також можна оцінити рентабельність інвестицій у сонячну енергетику.

– *оцінка ринкових часток*: метод визначає частку ринку, яку займають різні компанії та сегменти. Оцінка ринкових часток може допомогти зрозуміти конкурентну динаміку ринку. За допомогою цього методу здійснюється визначення лідерів ринку та потенційних можливостей для нових учасників.

– *аналіз впливу*: оцінює вплив ринку сонячної енергетики на економіку, навколишнє середовище та суспільство. Аналіз впливу може допомогти у прийнятті рішень щодо політики та інвестицій.

Важливо зазначити, що кожен з цих методів має свої обмеження. Тому для отримання комплексного уявлення про світовий ринок сонячної енергетики рекомендується використовувати комбінацію декількох методів.

Крім вищезазначених методів, доцільно також використовувати такі методи як: опитування; фокус-групи; аналіз соціальних мереж. Опитування проводяться серед споживачів, установників та інших учасників ринку, щоб отримати їхню думку про ринок сонячної енергетики. Фокус-групи проводяться з невеликими групами людей, щоб обговорити їхні думки та погляди на ринок сонячної енергетики. Аналіз соціальних мереж використовується для відстеження розмов про сонячну енергію в Інтернеті.

Дані, отримані з цих методів, можуть бути використані для покращення розуміння світового ринку сонячної енергетики та його майбутніх перспектив.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

2.1. Основні тенденції розвитку галузі сонячної енергетики

Світовий ринок сонячної енергетики демонструє вражаючі темпи зростання протягом останніх років. У 2020 році загальна встановлена потужність сонячних електростанцій у світі досягла 714 ГВт, що на 22% більше, ніж у 2019 році. У 2023 році глобальне збільшення потужностей відновлюваних джерел енергії зросло приблизно на 36%, в порівнянні з 2022 роком [37].

На Конференції ООН зі зміни клімату в Дубаї 2023 року 130 країн пообіцяли потроїти потужності відновлюваної енергії та подвоїти щорічні темпи підвищення енергоефективності до 2030 року. Динаміку обсягу встановленої потужності сонячної енергетики у світі за період 2015-2023 рр. показано на рис. 2.1.

У 2023 році країни змінили торговельну та промислову політику, Сполучені Штати Америки запустили понад 250 проєктів з виробництва чистої енергії після прийняття Закону про зниження інфляції, а Європейський Союз запропонував Закон про нульову чисту промисловість і запустив першу фазу межі викидів вуглецю.

У 2022 році зайнятість у секторі відновлюваних джерел енергії зростає на 8% і досягла 13,7 мільйона робочих місць. Кількість людей, які не мають доступу до електроенергії, впала з 756 мільйонів у 2022 році до 745 мільйонів у 2023 році.

За період 2013-2023 рр. виробництво сонячної енергії зросло в 10 разів в усьому світі. Однак у промисловості використовується близько 40%, що значно менше очікуваних 70%. Це пояснюється наявністю вузьких місць в ланцюзі постачання. Виробництво сонячної енергії є висококонцентрованим географічно, тільки п'ять країн мають більше понад 90% світових потужностей

для виробництва сонячної енергії. Зокрема, лідирує Китай – приблизно 80% від загального обсягу виробничих потужностей сонячної фотоелектричної енергії.

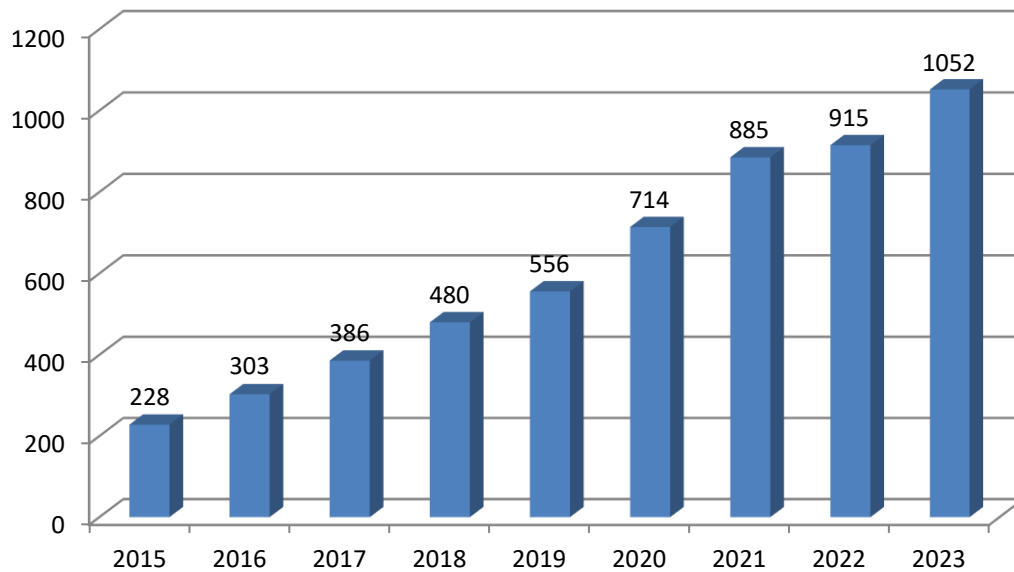


Рис. 2.1. Встановлена потужність сонячної енергетики у світі за період 2015-2023 рр., ГВт

Джерело: складено автором за [37].

На початку 2024 року виробники в Європі попереджали про потенційне закриття заводів із виробництва сонячних панелей, оскільки китайський імпорт мінімізує можливості місцевих виробників. Галузь сонячної енергетики країн ЄС потребує прискореного фінансування для підтримки безперервності ланцюга поставок, розвитку нових технологій та зменшення залежності від азіатського імпорту. Лідери ЄС підтримують збільшення виробничих потужностей сонячної енергії за допомогою реалізації політики Net-Zero, яка передбачає 40% виробництва відновлюваної енергетики на місцевому рівні.

Частка сонячної енергетики у загальному обсязі виробництва електроенергії з відновлюваних джерел також стрімко зростає (рис. 2.2). У 2023 році вона становила 40%, тоді як у 2015 році – майже у три рази менше [37].

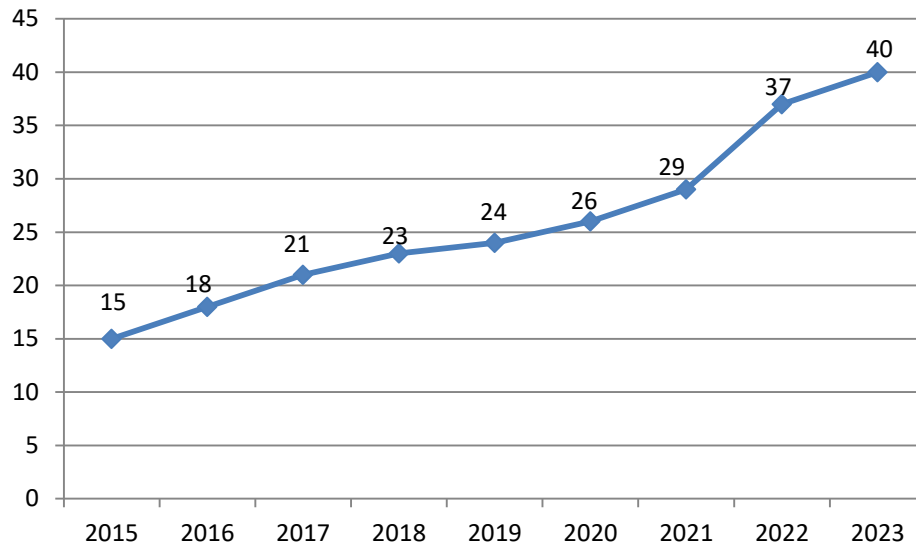


Рис. 2.2. Частка сонячної енергетики у загальному обсязі виробництва електроенергії з відновлюваних джерел за період 2015-2023 рр., %

Джерело: складено автором за [36].

Обсяг інвестицій у сонячну енергетику також демонструє позитивну динаміку. У 2020 році глобальні інвестиції у сонячну енергетику склали 148,6 млрд дол США, що на 12% більше, ніж у 2019 році. У 2023 році глобальні інвестиції у відновлювані джерела енергії та паливо зросли на 8,1% і досягли 622,5 млрд дол США (рис. 2.3) [36].

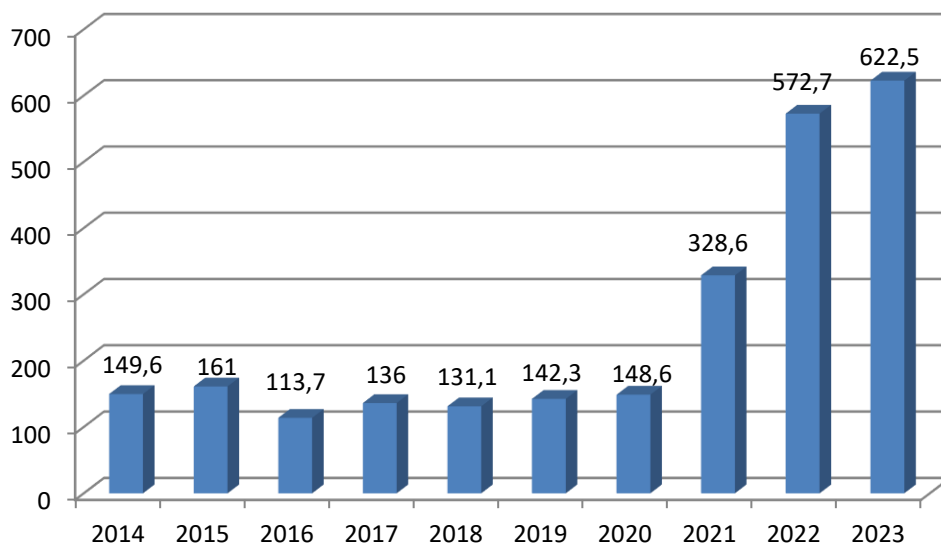


Рис. 2.3. Динаміка обсягу інвестицій у сонячну енергетику за період 2014-2023 рр., млрд дол США

Джерело: складено автором за [36].

Різке зростання обсягу інвестицій починаючи з 2021 року пов'язане із збільшенням глобального попиту на електроенергію через збільшення кількості населення, посилення індустріалізації та підвищення доходів. Зростання попиту на електроенергію загалом випереджає широке застосування низьковуглецевих джерел, а це означає, що викиди в енергетичному секторі продовжують зростати. Будь-який дефіцит низьковуглецевих джерел покривався за рахунок викопних видів палива. Проте низьковуглецеві джерела почали витісняти викопне паливо з метою досягнення глобальних цілей щодо викидів вуглецю.

Згідно з новим аналізом кліматичного аналітичного центру Ember у 2022 році розширення вітрової та сонячної енергетики забезпечило 80% зростання попиту на електроенергію. У поєднанні з гідроенергетикою та біоенергетикою відновлювані джерела енергії забезпечили 92% зростання. Аналітичний центр прогнозує, що до кінця 2024 року понад 100% зростання попиту на електроенергію буде покрито за рахунок низьковуглецевих джерел. Експерти вважають, що глобальне виробництво електроенергії має бути повністю декарбонізоване до 2040 року [6].

Таким чином, падіння виробництва викопного палива, закриття атомних електростанцій та зменшення частки гідроенергетики через посуху вимагає значних інвестицій в низьковуглецеві джерела, зокрема в галузь сонячної енергетики. Це дасть можливість своєчасної реалізації нових проектів в цій сфері. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), до 2030 року встановлена потужність сонячних електростанцій у світі може зрости до 1721 ГВт, а до 2050 року – до 4670 ГВт [48]. Це свідчить про величезний потенціал розвитку світового ринку сонячної енергетики у найближчі десятиліття.

2.2. Аналіз темпів зростання світового ринку сонячної енергетики

Темпи зростання світового ринку сонячної енергетики є одними з найвищих серед усіх галузей відновлюваної енергетики. Хоча конкретні цифри

можуть варіюватися з року в рік та в різних регіонах, середні річні темпи зростання можуть становити від 10% до 30% або навіть більше, залежно від умов ринку та розвитку технологій.

За даними Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), у 2023 році встановлена потужність сонячних електростанцій у світі зросла на 18,5% порівняно з 2022 роком (табл. 2.1) [37].

Таблиця 2.1

Введення нових потужностей сонячної енергетики, ГВт

Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Нові потужності, ГВт	51,0	75,0	99,0	102,4	208,4	298,7	287,3	385,2	473

Джерело: складено автором за [36].

Протягом останнього десятиліття темпи зростання встановленої потужності сонячних електростанцій у світі становили в середньому 32% на рік [46]. Це значно вище, ніж темпи зростання інших видів відновлюваної енергетики, таких як вітрова чи гідроенергетика.

Нами були розроблені середньостроковий та довгостроковий прогнози зростання світового ринку сонячної енергетики до 2030 і 2050 років (рис. 2.4, рис. 2.5).

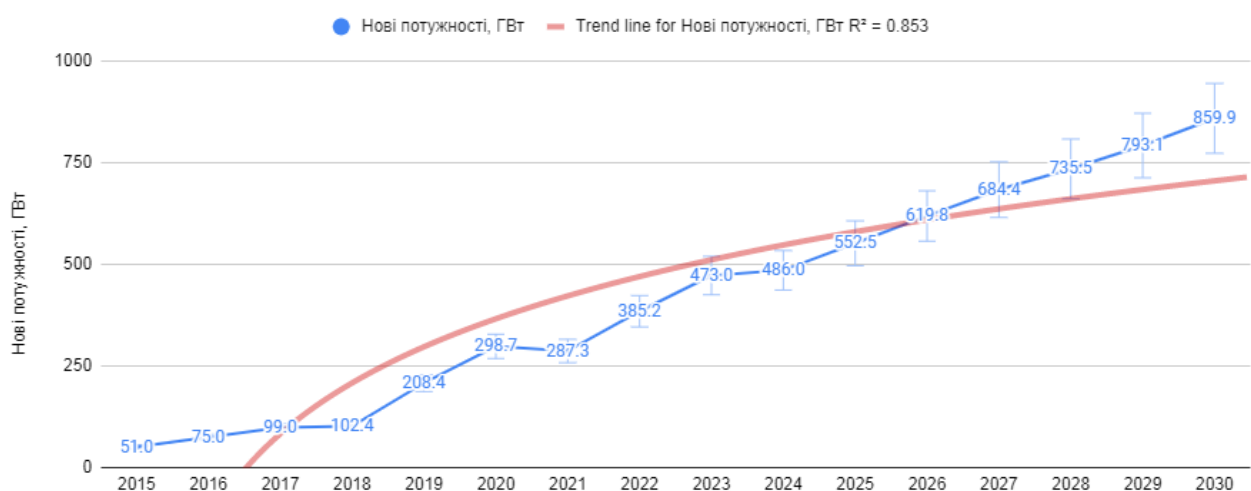


Рис. 2.4. Середньостроковий прогноз зростання світового ринку сонячної енергетики до 2030, ГВт

Джерело: складено автором.

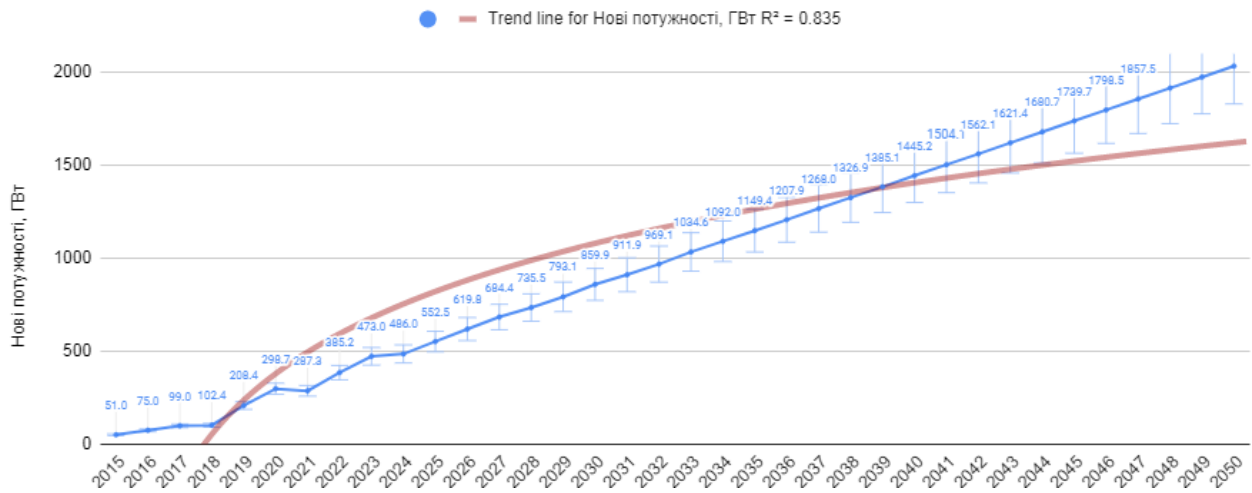


Рис. 2.5. Довгостроковий прогноз зростання світового ринку сонячної енергетики до 2050, ГВт

Джерело: складено автором.

Враховуючи зростаючий попит на відновлювані джерела енергії у всьому світі, очікується, що ринок сонячної енергетики продовжить зростати в майбутньому періоді. Уряди багатьох країн беруть активну участь у програмах та ініціативах із стимулювання встановлення систем сонячної енергії в промисловому секторі. Окрім того, підтримка урядів у вигляді субсидій і податкових пільг виступає вагомим фактором зростання цього ринку. Також, багато гравців у галузі почали розглядати виробництво сонячної енергії як безризикову та доступну модель бізнесу.

За прогнозами експертів, високі темпи зростання світового ринку сонячної енергетики зберуться у найближчі роки. Зокрема, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (IEA), до 2025 року середньорічні темпи зростання встановленої потужності сонячних електростанцій становитимуть близько 15% [38].

Прогнозні показники зростання світового ринку сонячної енергетики за період з 2022 до 2032 рр. у вартісному вираженні показані на рис. 2.6



Рис. 2.6. Прогнозні показники зростання світового ринку сонячної енергетики за період з 2022 до 2032 рр., млрд дол США

Джерело: складено автором за [42].

З рис. 2.6 ми бачимо, що у 2022 році світовий ринок сонячної енергетики досяг 189,15 млрд дол США, а до 2032 року, за прогнозами, він сягне приблизно 837,28 млрд дол США, зростаючи на 16,04% у середньому протягом прогнозованого періоду з 2024 по 2032 рік.

Основними чинниками зростання світового ринку сонячної енергетики є зниження вартості технологій, зростання попиту на електроенергію, політика підтримки відновлюваної енергетики з боку урядів багатьох країн, а також зростання інвестицій у галузь [32].

Варто зазначити, що темпи зростання світового ринку сонячної енергетики дещо відрізняються залежно від регіону. Найвищі темпи зростання спостерігаються в Азії, зокрема в Китаї та Індії, тоді як у Європі та Північній Америці темпи зростання дещо нижчі [27].

Регіональний розподіл ринку сонячної енергетики у 2022 році показано на рис. 2.7.

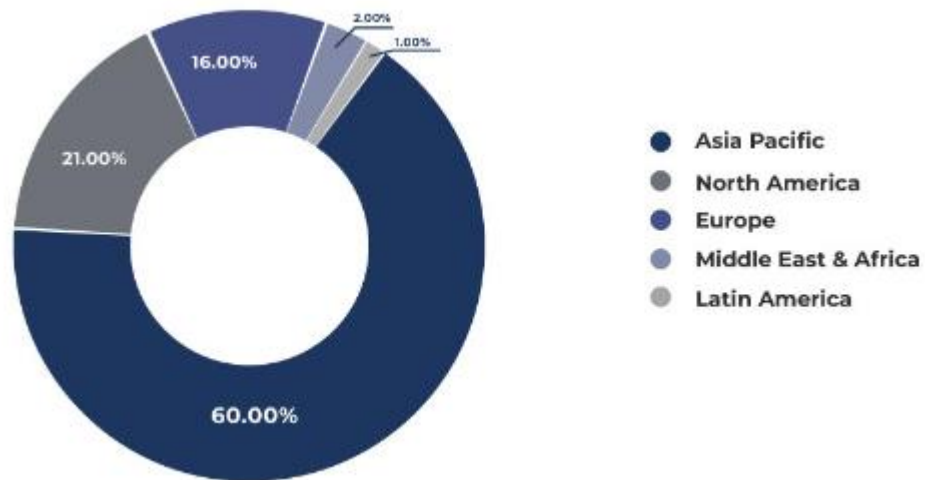


Рис. 2.7. Регіональний розподіл ринку сонячної енергетики у 2022 році, %

Джерело: складено автором за [42].

Очікується, що Азіатсько-Тихоокеанський регіон буде домінувати на ринку протягом прогнозованого періоду. Регіональний ринок сонячних енергетичних систем готовий до подальшого зростання, оскільки уряди та промисловість зосереджуються на досягненні цілей щодо відновлюваної енергії, вирішенні проблем енергетичної безпеки та досягненні більш стійкого енергетичного балансу. Поєднання політики підтримки, технологічного прогресу та підвищення обізнаності про переваги сонячної енергії позиції Азіатсько-Тихоокеанського регіону є значним внеском у глобальний перехід до відновлювальних джерел енергії.

Хоча галузь сонячної енергетики все ще розвивається та має потенціал для подальшого зростання, вона ще не досягла стадії зрілості. Зростання ефективності та економічності сонячних систем, а також посилення впливу свідомості про переваги відновлювальних джерел енергії, може продовжити стадії зростання та перерозподілу ринку у галузі сонячної енергетики впродовж наступних років.

Стадія зростання характеризується швидким збільшенням обсягів виробництва та продажів, появою нових гравців на ринку, вдосконаленням

технологій та зниженням витрат [43]. Саме ці ознаки чітко простежуються на світовому ринку сонячної енергетики протягом останніх років.

Стрімке зростання встановленої потужності сонячних електростанцій, збільшення обсягів інвестицій у галузь та постійне зниження вартості технологій свідчать про те, що світовий ринок сонячної енергетики ще далекий від насичення та має значний потенціал для подальшого розвитку [23].

Важливо зазначити, що в деяких країнах, які були першопрохідцями в розвитку сонячної енергетики, зокрема в Німеччині та Японії, ринок сонячної енергетики вже досяг стадії зрілості. Однак на глобальному рівні галузь все ще перебуває на стадії зростання, оскільки багато країн, особливо ті, що розвиваються, лише починають активно інвестувати в сонячну енергетику [18].

За оцінками експертів, світовий ринок сонячної енергетики продовжуватиме зростати високими темпами щонайменше до 2030 року, після чого зростання може дещо сповільнитися, але все одно залишатиметься досить значним [22]. Це означає, що галузь має хороші перспективи для інвесторів та підприємців, які шукають можливості для розвитку бізнесу в сфері відновлюваної енергетики.

Окрім того, ринок сонячної енергетики знаходиться на стадії перерозподілу, оскільки конкуренція між виробниками сонячних панелей та електростанцій стає все більш інтенсивною. Деякі компанії виходять на лідерські позиції, водночас інші можуть втрачати свої позиції через конкурентний тиск.

2.3. Оцінка масштабу конкуренції на ринку світової сонячної енергетики

Масштаб конкуренції у галузі сонячної енергетики є значним, оскільки багато компаній борються за своє місце на ринку. Конкуренція відбувається як на рівні виробництва сонячних панелей та їх компонентів, так і на рівні розробки та будівництва сонячних електростанцій.

Основними гравцями на світовому ринку сонячної енергетики є виробники сонячних панелей та інверторів, девелопери сонячних електростанцій, а також компанії, які надають послуги з інжинірингу, закупівель та будівництва (EPC) [50]. Серед найбільших виробників сонячних панелей у 2024 році можна виділити такі компанії, як NextEra Energy (США), Adani Green Energy Ltd (Індія), First Solar (США), Enphase Energy (США) та JA Solar Technology Co Ltd (Китай) [47].

NextEra Energy, Inc. (NEE) є найбільшою компанією з виробництва сонячної енергії у світі. Це провідна компанія з комунальних послуг і відновлюваної енергетики, яка спеціалізується на сонячній та вітровій енергетиці. Компанія використовує понад 2000 МВт сонячної енергії універсального масштабу в США та Канаді. Станом на березень 2024 року ринкова капіталізація компанії становила 117,29 млрд дол. США.

Adani Green Energy Ltd посідає друге місце в світі у 2024 році з виробництва сонячної енергії. Це провідна компанія з відновлюваної енергетики в Індії. Серед інших відновлюваних джерел енергії вона розробляє та експлуатує підключені до мережі сонячні електростанції. Станом на березень 2024 року компанія Adani Green Energy Ltd оцінювалась в 37,42 млрд дол. США.

First Solar, Inc. входить до числа найбільших сонячних компаній у світі зі штаб-квартирою в Арізоні. Вона запроваджує новітні технології щодо розвитку сонячної енергетики та виробляє екологічно ефективні сонячні модулі. Компанія має майже 25-річний досвід роботи на ринку сонячної енергії. Станом на березень 2024 року First Solar, Inc. оцінювалась в 17,03 млрд дол. США.

Enphase Energy, Inc. є однією з провідних компаній у світі з відновлюваної енергетики. Вона спеціалізується на сонячній енергетиці, сонячних накопичувачах, мікроінверторах, сонячних панелях, побутових і комерційних сонячних системах, сонячних батареях тощо. Станом на березень 2024 року ринкова капіталізація Enphase Energy, Inc. становила 16,43 млрд дол. США.

Компанія JA Solar Technology Co Ltd спеціалізується на виробництві високофункціональної фотоелектричної продукції, включаючи сонячні панелі, фотоелектричні та сонячні модулі. Вона нараховує понад 20 філій по всьому світу. Станом на березень 2024 року JA Solar Technology Co Ltd оцінювалась в 9,2 млрд дол. США. [47].

На даний час цих п'ять найбільших енергетичних компаній світу володіють значними обсягами виробництва та мають вагомий вплив на міжнародний ринок сонячної енергетики. Однак, слід відзначити, що список компаній може змінюватися з часом внаслідок конкуренції та зміни умов ринку.

Світовий ринок сонячної енергетики характеризується високим рівнем конкуренції, яка має глобальний масштаб. На ринку присутні як великі міжнародні компанії, так і безліч малих та середніх підприємств, які конкурують за частку ринку [31].

Конкуренція на світовому ринку сонячної енергетики обумовлена декількома факторами. По-перше, зниження вартості технологій та зростання попиту на сонячну енергію призводять до того, що все більше компаній прагнуть увійти на цей ринок або розширити свою присутність на ньому [7]. По-друге, глобальний характер ринку означає, що компанії конкурують не лише на національному рівні, але й на міжнародному, що вимагає від них високої ефективності та інноваційності [28].

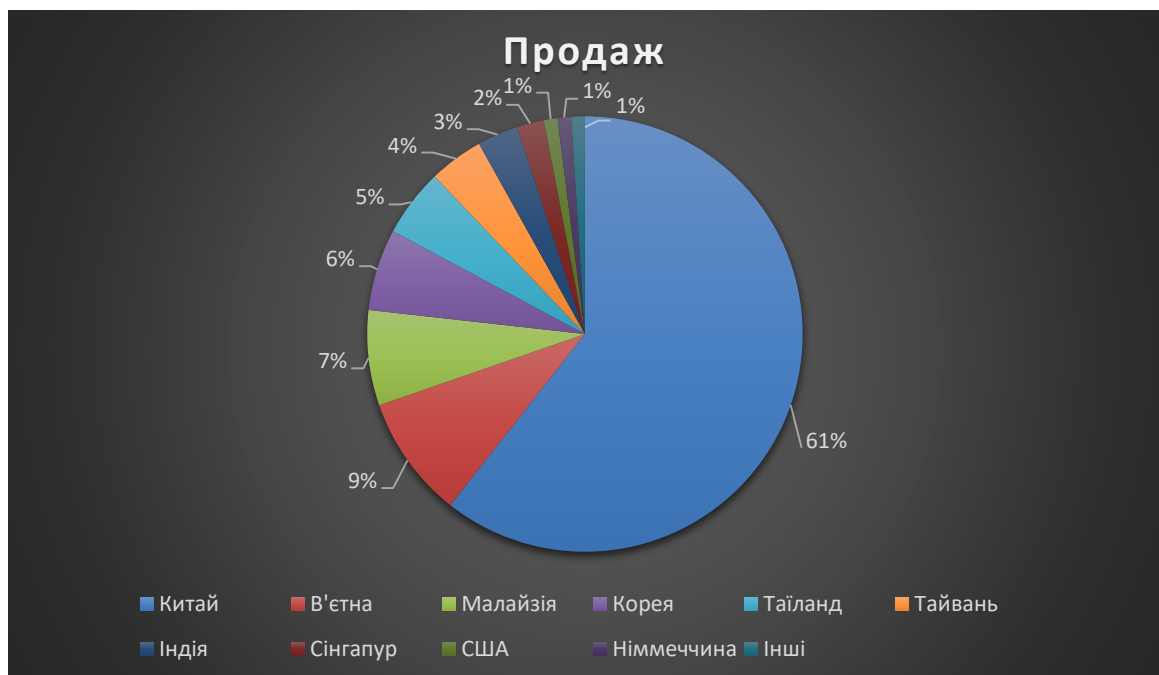
Важливим аспектом конкуренції на світовому ринку сонячної енергетики є також конкуренція між різними технологіями сонячної енергетики. Зокрема, існує конкуренція між кристалічними кремнієвими панелями та тонкоплівковими панелями, а також між монокристалічними та полікристалічними панелями [4]. Компанії, які розробляють та впроваджують новітні технології, мають кращі шанси на успіх у конкурентній боротьбі.

Незважаючи на високий рівень конкуренції, світовий ринок сонячної енергетики все ще має значний потенціал для зростання, що приваблює нових гравців та стимулює існуючі компанії до розширення своєї діяльності. За

прогнозами експертів, конкуренція на ринку сонячної енергетики в найближчі роки буде лише посилюватися, що сприятиме подальшому розвитку та вдосконаленню галузі [45].

Світовий ринок сонячної енергетики характеризується високим рівнем міжнародної торгівлі, оскільки багато країн, які активно розвивають сонячну енергетику, імпортують необхідне обладнання та технології з інших країн [49].

Основними країнами-експортерами на світовому ринку сонячної енергетики є Китай, Німеччина, США, Японія та Південна Корея (рис. 2.8) [19]. Ці країни є лідерами у виробництві сонячних панелей, інверторів та іншого обладнання для сонячних електростанцій.



**Рис. 2.8. Основні країни-експортери сонячних панелей у 2023 році,
% від загального експорту**

Джерело: складено автором за [45].

Китай є беззаперечним лідером серед країн-експортерів на ринку сонячної енергетики. У 2020 році частка Китаю в глобальному експорті сонячних панелей становила близько 70%, у 2023 році – зменшилась на 9%. Китайські виробники, такі як JinkoSolar, Trina Solar та JA Solar, домінують на світовому

ринку завдяки низьким витратам на виробництво та значним інвестиціям у дослідження та розробки [29].

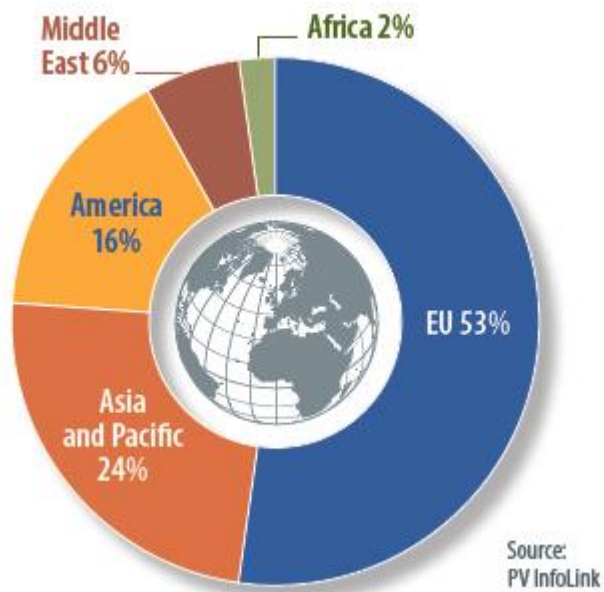
Німеччина та США також є важливими гравцями на світовому ринку сонячної енергетики. Німецькі компанії, такі як SMA Solar Technology та SolarWorld, відомі своїми високоякісними інверторами та сонячними панелями [17]. Американські компанії, такі як First Solar та SunPower, спеціалізуються на виробництві тонкоплівкових сонячних панелей та надають послуги з розробки та будівництва сонячних електростанцій [26].

Японія та Південна Корея також є значними експортерами на світовому ринку сонячної енергетики. Японські компанії, такі як Sharp, Kyocera та Panasonic, мають багаторічний досвід у виробництві високоефективних сонячних панелей [30]. Південнокорейські компанії, такі як Hanwha Q Cells та LG Electronics, активно інвестують у розвиток нових технологій сонячної енергетики та розширюють свою присутність на глобальному ринку [24].

Попит на обладнання та технології для генерування сонячної енергії на світовому ринку зростає високими темпами, що обумовлює значні обсяги імпорту в багатьох країнах.

Основними країнами-імпортерами на світовому ринку сонячної енергетики є США, Індія, Японія, Австралія та країни Європейського Союзу [10]. Ці країни активно розвивають сонячну енергетику та користуються значним попитом на сонячні панелі, інвертори та інше обладнання.

Коливання світових цін на енергоносії та амбітні плани Європи щодо нульових викидів призвели до надзвичайного попиту на відновлювальні джерела енергії, в тому числі і на фотоелектричні станції. Збільшився попит на відповідні компоненти, зокрема, на сонячні панелі. Також і в інших регіонах світу постала проблема дефіциту мікрочіпів. Частку регіонів-імпортерів сонячних панелей з Китаю у 2022 році показано на рис. 2.9.



**Рис. 2.9. Регіони-імпортери сонячних панелей з Китаю у 2022 році,
% від загального імпорту**

Джерело: складено автором за [8].

У 2022 році на країни ЄС припадало 53% імпорту фотоелектричних модулів з Китаю, що становило понад 50% загального експорту китайських модулів. Очікується, що до кінця червня обсяг становитиме 40 ГВт. Для порівняння загальний обсяг експорту з Китаю в країни ЄС у 2021 році становив 46% [8].

США є найбільшим імпортером сонячних панелей у світі. У 2020 році США імпортували сонячні панелі на суму близько 7,7 млрд дол США [44]. Значна частина цього імпорту припадає на китайських виробників, таких як JinkoSolar та Trina Solar.

Індія також є важливим імпортером на світовому ринку сонячної енергетики. Уряд Індії поставив амбітну мету – досягти 100 ГВт встановленої потужності сонячних електростанцій до 2022 року [14]. Для досягнення цієї мети Індія активно імпортує сонячні панелі та інше обладнання, переважно з Китаю.

Японія, яка є одним з першопроходців в розвитку сонячної енергетики, також значною мірою покладається на імпорт. Після аварії на АЕС Фукусіма у 2011 році Японія взяла курс на розвиток відновлюваної енергетики, що призвело до зростання попиту на сонячні панелі та інше обладнання [15].

Австралія є ще однією країною, яка активно розвиває сонячну енергетику та імпортує значні обсяги обладнання. У 2020 році Австралія імпортувала сонячні панелі на суму близько 1,2 млрд дол США, переважно з Китаю [13].

Країни Європейського Союзу, такі як Німеччина, Іспанія, Нідерланди та Франція, також є значними імпортерами на світовому ринку сонячної енергетики. Хоча деякі з цих країн мають власне виробництво сонячних панелей та інверторів, вони також покладаються на імпорт для задоволення зростаючого попиту на обладнання для генерування сонячної енергії [20].

Таким чином, в Європі існує стабільний ріст попиту на відновлювальні джерела енергії, зокрема, щорічно зростає сумарна встановлена потужність проектів сонячної енергетики.

ТОП-7 виробників сонячних панелей у 2023 році за рейтингом «Tier1» від Bloomberg показано в додатку А.

Цінова конкуренція є однією з ключових характеристик світового ринку сонячної енергетики. Зниження витрат на виробництво сонячних панелей та інших компонентів призвело до значного падіння цін на сонячну електроенергію за останнє десятиліття [45].

Таблиця 2.2

Динаміка глобальних середньозважених цін на сонячні модулі, дол США/Вт

Рік	2010	2015	2020
Ціна, дол США/Вт	1,85	0,58	0,21

Джерело: складено автором за [36].

Як видно з табл. 2.2, ціни на сонячні модулі знизилися більш ніж у 8 разів з 2010 по 2020 рік. Це зробило сонячну енергію однією з найдешевших форм електроенергії в багатьох регіонах світу [23].

Зниження цін на сонячну енергію зумовлене кількома факторами. *По-перше*, вдосконалення технологій та збільшення ефективності елементів сонячних систем дозволило виробляти більше електроенергії з кожного модуля [46]. *По-друге*, збільшення масштабів виробництва та автоматизація процесів призвели до зниження собівартості продукції [49]. *По-третє*, конкуренція між виробниками сонячних панелей, особливо з Китаю, змусила їх знижувати ціни для збереження своєї частки ринку [29].

Таблиця 2.3

Частка Китаю у глобальному виробництві сонячних модулів, %

Рік	2010	2015	2020
Частка Китаю, %	45	70	80

Джерело: складено автором за [19].

Як бачимо з табл. 2.3, частка Китаю у глобальному виробництві сонячних модулів зростає з 45% у 2010 році до 80% у 2020 році. Китайські виробники, такі як JinkoSolar, Trina Solar та JA Solar, змогли досягти значної економії за рахунок масштабу та державної підтримки, що дозволило їм ставити надзвичайно конкурентні ціни [44].

Цінова конкуренція на ринку сонячної енергетики має як позитивні, так і негативні наслідки. З одного боку, зниження цін зробило сонячну енергію більш доступною та привабливою для споживачів та інвесторів, що сприяє зростанню галузі [43]. З іншого боку, низькі ціни можуть призвести до зниження прибутковості та навіть банкрутства деяких виробників, особливо тих, які не мають достатньої ефективності або масштабу [19].

У майбутньому очікується, що цінова конкуренція на ринку сонячної енергетики збережеться, але її інтенсивність може дещо знизитися. Це пов'язано з тим, що потенціал для подальшого зниження витрат на виробництво сонячних панелей стає все більш обмеженим [26]. Крім того, деякі країни, наприклад, США та Індія, запровадили імпорتنі тарифи на сонячні

панелі з Китаю, щоб захистити своїх внутрішніх виробників та стимулювати локалізацію виробництва [30].

Таким чином, у галузі сонячної енергетики ціна може бути важливим, але не завжди вирішальним фактором при виборі продукції. Серед ключових аспектів, які впливають на цінову конкуренцію і роль ціни у виборі продукції, слід виділити: якість і ефективність; гарантія та підтримка; бренд та репутація; економічні вигоди в довгостроковій перспективі. Отже, хоча ціна є важливим фактором у конкурентній боротьбі в галузі сонячної енергетики, існують інші фактори, які також мають велике значення для споживачів при виборі продукції.

РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СВІТОВОГО РИНКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

3.1. Проблеми розвитку світового ринку сонячної енергетики

Незважаючи на загальні позитивні перспективи розвитку сонячної енергетики, існують також деякі короткострокові тенденції, які можуть негативно вплинути на попит та пропозицію в галузі. Однією з таких тенденцій є зростання протекціонізму та торговельних обмежень на ринку сонячних панелей та іншого обладнання. Деякі країни, зокрема США та Індія, запровадили імпорتنі тарифи та квоти на сонячні панелі з Китаю та інших країн, щоб захистити своїх внутрішніх виробників [18]. Це може призвести до зростання цін на сонячні панелі та уповільнення розвитку нових проектів у цих країнах.

Таблиця 3.1

Імпорتنі тарифи на сонячні панелі в США та Індії, %

Країна	США	Індія
Тариф, %	30	25

Джерело: складено автором за [22].

Як видно з таблиці 3.1, імпорتنі тарифи на сонячні панелі в США та Індії становлять 30% та 25% відповідно, що може суттєво вплинути на вартість нових проектів у цих країнах.

Іншою тенденцією, яка може негативно вплинути на пропозицію на ринку сонячної енергетики, є дефіцит сировини та компонентів для виробництва сонячних панелей. Зокрема, в останні роки спостерігається зростання цін на полікремній та скло, які є ключовими матеріалами для виробництва сонячних панелей [31]. Це може призвести до зростання собівартості виробництва та уповільнення темпів введення нових потужностей.

Таблиця 3.2

Динаміка цін на полікремній, дол США/кг

Рік	2022	2023	2024 (прогноз)
Ціна, дол. США/кг	8,5	10,2	15,0

Джерело: складено автором за [50].

Як видно з таблиці 3.2, ціни на полікремній зросли з 8,5 дол США/кг у 2022 році до 10,2 дол США/кг у 2023 році, а в 2024 році очікується їх подальше зростання до 15,0 дол США/кг, що може негативно вплинути на собівартість виробництва сонячних панелей.

Ще однією потенційною загрозою для попиту на сонячну енергію є зміни в державній політиці щодо підтримки відновлюваної енергетики. Деякі країни, зокрема Китай та Японія, почали поступово скорочувати субсидії та пільгові тарифи для сонячної енергетики, щоб зменшити навантаження на державний бюджет та стимулювати ринкову конкуренцію [47]. Це може призвести до уповільнення темпів появи нових проектів у цих країнах.

Таблиця 3.3

**Зміни у «зелених» тарифах для сонячної енергетики в Китаї,
юанів/кВт-год**

Рік	2019	2020	2021
Тариф, юанів/кВт-год	0,40	0,35	0,30

Джерело: складено автором за [7].

Як видно з таблиці 3.3, «зелені» тарифи для сонячної енергетики в Китаї знизилися з 0,40 юанів/кВт-год у 2019 році до 0,30 юанів/кВт-год у 2021 році, що може вплинути на прибутковість та інвестиційну привабливість нових проектів.

Також, негативний вплив на попит на сонячну енергію може мати зниження цін на викопне паливо, зокрема на природний газ. В умовах низьких цін на газ сонячна енергія може втрачати свою конкурентоспроможність

порівняно з газовими електростанціями, особливо в країнах з розвинутою газовою інфраструктурою [28].

Окрім того, негативні короткострокові тенденції, які можуть впливати на попит та пропозицію у галузі сонячної енергетики, включають наступне: зміни в законодавстві та політиці; економічна нестабільність; конкуренція з іншими джерелами енергії; зміни на ринку енергоресурсів; обмеження доступу до фінансування; технологічні проблеми.

Слід зазначити, що існують також деякі потенційні виклики та ризики, які можуть негативно вплинути на попит та пропозицію в галузі. Одним з таких викликів є потенційне вичерпання запасів деяких рідкісних матеріалів, які використовуються у виробництві сонячних панелей та акумуляторів. Йдеться, зокрема, про такі елементи, як телур, індій, галій та літій [17]. Якщо попит на ці матеріали з боку сонячної енергетики та інших галузей (наприклад, електромобілів) зростатиме швидше, ніж їх видобуток, це може призвести до дефіциту та зростання цін, що негативно вплине на фінансування сонячних проектів.

Таблиця 3.4

Прогноз попиту та пропозиції на ринку телуру, тонн

Показник	2020	2030
Попит	580	1200
Пропозиція	580	800
Дефіцит	0	400

Джерело: складено автором за [26].

Як видно з таблиці 3.4, очікується, що попит на телур, який використовується у виробництві сонячних панелей з телуриду кадмію (CdTe), зросте з 580 тонн у 2020 році до 1200 тонн у 2030 році, тоді як пропозиція зросте лише до 800 тонн, що призведе до дефіциту в розмірі 400 тонн.

Іншим потенційним викликом для сонячної енергетики є зростання конкуренції за земельні ресурси з боку інших галузей, зокрема сільського господарства та житлового будівництва. Великі наземні сонячні електростанції

вимагають значних площ земельних ділянок, що може призвести до конфліктів з іншими видами землекористування, особливо в густонаселених регіонах [30]. Це може обмежити доступність та підвищити вартість земельних ділянок для нових сонячних проектів.

Таблиця 3.5

Прогноз потреби в земельних ресурсах для сонячної енергетики в окремих країнах, тис. га

Країна	2020	2030	2050
США	1500	4000	10000
Китай	2000	5000	12000
Індія	1000	3000	8000

Джерело: складено автором за [24].

Як видно з таблиці 3.5, очікується, що потреба в земельних ресурсах для розвитку сонячної енергетики суттєво зросте в найближчі десятиліття, особливо в таких країнах, як США, Китай та Індія, що може загострити конкуренцію за земельні ділянки.

Ще одним довгостроковим ризиком для сонячної енергетики є потенційні негативні екологічні наслідки, пов'язані з виробництвом та утилізацією сонячних панелей та акумуляторів. Виробництво сонячних панелей передбачає використання деяких токсичних речовин, таких як кадмій, свинець та розчинники, що може призвести до забруднення навколишнього середовища у разі неналежного поводження з відходами [10]. Крім того, утилізація відпрацьованих сонячних панелей та акумуляторів може стати значною проблемою в майбутньому, якщо не будуть розроблені ефективні технології їх переробки.

Таблиця 3.6

Прогноз обсягів відпрацьованих сонячних панелей, млн тонн

Рік	2020	2030	2050
Обсяг, млн тонн	0,2	3,0	20,0

Джерело: складено автором за [44].

Як видно з таблиці 3.6, очікується, що обсяги відпрацьованих сонячних панелей зростуть з 0,2 млн тонн у 2020 році до 3,0 млн тонн у 2030 році та 20,0 млн тонн у 2050 році, що вимагатиме розвитку інфраструктури для їх збору та переробки.

Нарешті, довгостроковим викликом для сонячної енергетики може стати зростання вартості інтеграції великих обсягів мінливої сонячної енергії в енергосистему. Оскільки обсяги сонячної генерації зростатимуть, енергосистемам знадобляться додаткові резервні потужності та системи зберігання енергії для балансування попиту та пропозиції [14]. Це може призвести до зростання системних витрат та, відповідно, цін на електроенергію для кінцевих споживачів.

Таблиця 3.7

Прогноз потреби в потужностях систем зберігання енергії для інтеграції сонячної енергетики, ГВт

Рік	2020	2030	2050
Потреба, ГВт	10	200	1000

Джерело: складено автором за [15].

Як видно з таблиці 3.7, очікується, що потреба в потужностях систем зберігання енергії для інтеграції сонячної енергетики зросте з 10 ГВт у 2020 році до 200 ГВт у 2030 році та 1000 ГВт у 2050 році, що вимагатиме значних інвестицій в розвиток цих технологій.

Негативні довгострокові тенденції, які можуть впливати на попит та пропозицію у галузі сонячної енергетики, включають також і інші аспекти, зокрема: технологічні виклики (стабільність у використанні традиційних джерел енергії; недостатня ефективність зберігання енергії; стагнація в технологічному прогресі); соціальні та економічні фактори (політична нестабільність та зміни урядової політики; економічна криза); демографічні фактори (зниження природного приросту населення; старіння населення; міграція населення); екологічні фактори (недостатній ступінь освітлення у певних регіонах); геополітичні ризики (нестабільність на міжнародному ринку).

Ці фактори можуть створити перешкоди для розвитку сонячної енергетики у довгостроковій перспективі, і їх слід враховувати при плануванні стратегій розвитку цієї галузі.

3.2. Перспективні напрями розвитку світового ринку сонячної енергетики

Загальний розвиток галузі сонячної енергетики в найближчому майбутньому може піддаватися впливу таких ключових короткострокових тенденцій, як: підвищення підтримки уряду; технологічні вдосконалення сонячних систем; підвищення цін на електроенергію; посилення впливу екологічної свідомості; розширення місцевих ринків.

У короткостроковій перспективі (1-3 роки) існує кілька тенденцій, які матимуть позитивний вплив на попит та пропозицію на світовому ринку сонячної енергетики.

Однією з ключових тенденцій є подальше зниження вартості технологій сонячної енергетики. Очікується, що ціни на сонячні модулі та інше обладнання продовжуватимуть знижуватися завдяки вдосконаленню технологій, збільшенню ефективності виробництва та зростанню конкуренції між виробниками [5]. Це зробить сонячну енергію ще більш доступною та привабливою для споживачів та інвесторів.

Таблиця 3.7

Прогноз глобальних середньозважених цін на сонячні модулі, дол США/Вт

Рік	2023	2025	2027	2030
Ціна, дол США/Вт	0,15	0,14	0,09	0,05

Джерело: складено автором за [23].

Як видно з таблиці 3.7, очікується, що ціни на сонячні модулі знизяться з 0,15 дол США/Вт у 2023 році до 0,05 дол США/Вт у 2030 році, тобто у три рази.

Іншою важливою тенденцією є зростання політичної підтримки сонячної енергетики з боку урядів багатьох країн. Все більше країн встановлюють амбітні цілі щодо збільшення частки відновлюваної енергетики у своїх енергетичних міксах та запроваджують різноманітні механізми підтримки, такі як пільгові тарифи, квоти, аукціони тощо [36]. Це створює сприятливе середовище для розвитку сонячної енергетики та залучення інвестицій у галузь.

Ще однією тенденцією, яка матиме позитивний вплив на попит на сонячну енергію, є зростання популярності «зелених» тарифів та корпоративних договорів на закупівлю відновлюваної енергії (corporate PPA). Все більше компаній, особливо у сфері інформаційних технологій та роздрібною торгівлі, прагнуть зменшити свій вуглецевий слід та підвищити свою екологічну репутацію шляхом переходу на відновлювану енергію [38]. Це створює додатковий попит на сонячну енергію та стимулює розвиток нових проектів.

Таблиця 3.8

Топ-5 компаній за обсягом корпоративних договорів на закупівлю відновлюваної енергії у 2023 році, ГВт

Компанія	Amazon	Google	Facebook	Verizon	AT&T
Обсяг договорів, ГВт	3,1	1,6	1,1	0,8	0,8

Джерело: складено автором за [48].

Як видно з таблиці 3.8, провідні технологічні компанії, такі як Amazon, Google та Facebook, є лідерами за обсягом корпоративних договорів на закупівлю відновлюваної енергії, включаючи сонячну.

Нарешті, позитивний вплив на попит на сонячну енергію матиме зростання використання електромобілів та інших електричних транспортних засобів. Оскільки транспортний сектор є одним з найбільших споживачів енергії та джерел викидів парникових газів, електрифікація транспорту вимагатиме

значного збільшення виробництва електроенергії, в тому числі з відновлюваних джерел [42]. Це створюватиме додаткові можливості для розвитку сонячної енергетики, особливо у поєднанні з системами зберігання енергії [8].

У довгостроковій перспективі (5-10 років і більше) існує кілька фундаментальних тенденцій, які матимуть позитивний вплив на розвиток світового ринку сонячної енергетики.

Однією з ключових таких тенденцій є глобальний тренд на декарбонізацію економіки та боротьбу зі зміною клімату. Все більше країн беруть на себе зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів та досягнення вуглецевої нейтральності у довгостроковій перспективі [34]. Це вимагатиме значного збільшення частки відновлюваної енергетики, зокрема сонячної, в енергетичному міксі цих країн.

Таблиця 3.9

Цілі щодо скорочення викидів парникових газів в окремих країнах та регіонах

Країна/регіон	Ціль
ЄС	Скорочення викидів на 55% до 2030 року та досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року
США	Скорочення викидів на 50-52% до 2030 року та досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року
Китай	Досягнення піку викидів до 2030 року та вуглецевої нейтральності до 2060 року

Джерело: складено автором за [40].

Як видно з таблиці 3.9, провідні економіки світу, такі як ЄС, США та Китай, встановили амбітні цілі щодо скорочення викидів та досягнення вуглецевої нейтральності, що створює значні можливості для розвитку сонячної енергетики.

Іншою важливою довгостроковою тенденцією є подальше здешевлення технологій сонячної енергетики та підвищення їх ефективності. Очікується, що завдяки технологічному прогресу та ефекту масштабу вартість сонячної енергії продовжуватиме знижуватися і в найближчі десятиліття [48]. Це зробить

сонячну енергію ще більш конкурентоспроможною порівняно з традиційними джерелами енергії та стимулюватиме її широке впровадження.

Таблиця 3.10

**Прогноз глобальних середньозважених цін на сонячну енергію,
дол США/МВт-год**

Рік	2020	2030	2050
Ціна, дол США/МВт-год	56	30	20

Джерело: складено автором за [46].

Як видно з таблиці 3.10, очікується, що середньозважені ціни на сонячну енергію знизяться з 56 дол США/МВт-год у 2020 році до 30 дол США/МВт-год у 2030 році та 20 дол США/МВт-год у 2050 році, що зробить її однією з найдешевших видів електроенергії.

Ще однією довгостроковою тенденцією, яка матиме позитивний вплив на попит на сонячну енергію, є зростання електрифікації транспорту, опалення та інших секторів економіки. В міру того, як електромобілі та електричні теплові насоси ставатимуть все більш поширеними, попит на електроенергію, в тому числі з відновлюваних джерел, зростатиме [32]. Це створюватиме додаткові можливості для розвитку сонячної енергетики та її інтеграції в енергетичні системи.

Таблиця 3.11

Прогноз глобальної кількості електромобілів, млн шт.

Рік	2020	2030	2050
Кількість електромобілів, млн шт.	10	140	800

Джерело: складено автором за [27].

Як видно з таблиці 3.11, очікується, що кількість електромобілів у світі зросте з 10 млн шт. у 2020 році до 140 млн шт. у 2030 році та 800 млн шт. у 2050 році, що суттєво збільшить попит на електроенергію, в тому числі з сонячних електростанцій.

Нарешті, позитивний довгостроковий вплив на розвиток сонячної енергетики матиме зростання інвестицій у модернізацію та розширення електричних мереж. Для ефективної інтеграції великих обсягів мінливої сонячної енергії в енергосистему необхідні значні інвестиції в розвиток інтелектуальних мереж, систем зберігання енергії та міжрегіональних з'єднань [43]. Такі інвестиції створюватимуть сприятливі умови для подальшого розвитку сонячної енергетики та підвищення її системної цінності.

Таблиця 3.12

Прогноз глобальних інвестицій у модернізацію та розширення електричних мереж, трлн дол США

Період	2020-2030	2031-2040	2041-2050
Інвестиції, трлн дол США	2,6	4,5	7,7

Джерело: складено автором за [23].

Як видно з таблиці 3.12, очікується, що глобальні інвестиції в модернізацію та розширення електричних мереж становитимуть 2,6 трлн дол США у 2020-х роках, 4,5 трлн дол США у 2030-х роках та 7,7 трлн дол. США у 2040-х роках, що створить необхідну інфраструктуру для масштабного розвитку сонячної енергетики.

Серед інших аспектів, що впливають на довгострокові тенденції у сонячній енергетиці можна виділити: демографічні фактори (збільшення кількості населення, урбанізація); соціальні фактори (екологічна свідомість та обізнаність, зміна споживчих уподобань); технологічні фактори (прогрес у виробництві сонячних панелей, збільшення ефективності зберігання енергії); політичні фактори (політика стимулювання); економічні фактори (зниження витрат на сонячну енергію). Ці фактори можуть сприяти зростанню попиту на сонячну енергію та збільшенню пропозиції сонячних технологій на ринку у довгостроковій перспективі.

Прогнози щодо розвитку галузі сонячної енергетики можуть включати наступні аспекти: поступове зростання обсягів виробництва та встановлення

сонячних систем; збільшення конкуренції та зниження цін; зростання обсягів досліджень та інновацій; розвиток сонячної енергетики у країнах з розвинутою економікою; розширення географічного охоплення. Ці прогнози базуються на поточних тенденціях розвитку та можуть бути корисними для стратегічного планування та прийняття рішень у галузі сонячної енергетики.

Окрім вже згаданих тенденцій та прогнозів, існує низка інших важливих аспектів розвитку світової сонячної енергетики, які варто взяти до уваги (рис. 3.1).

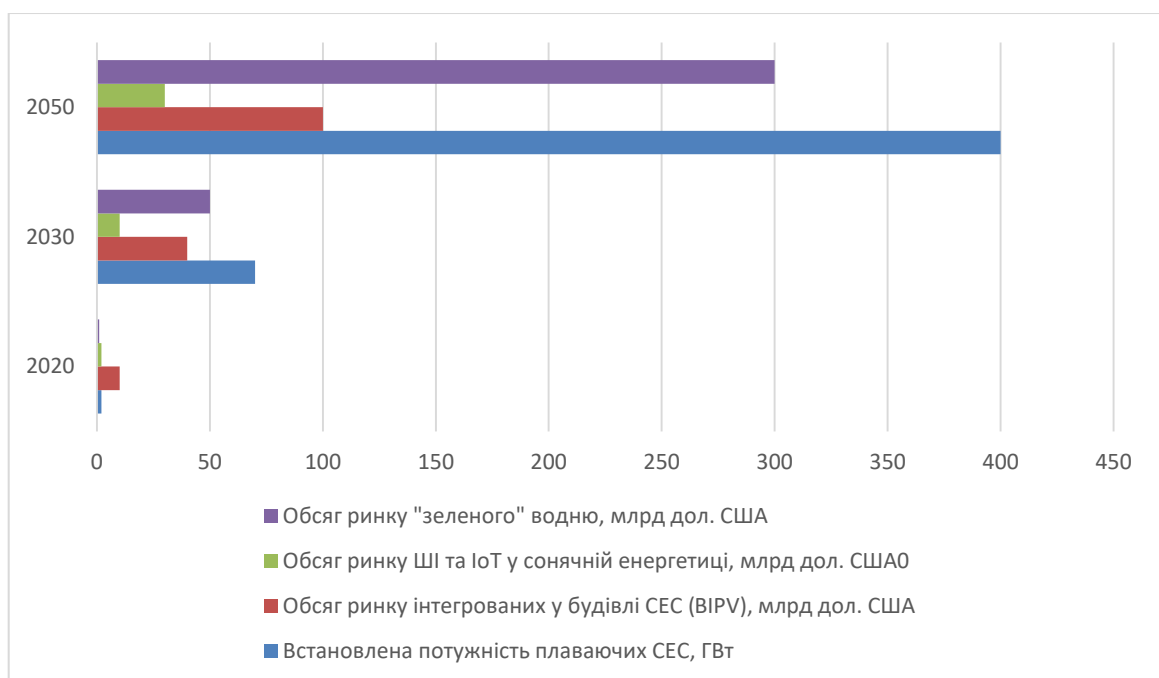


Рис. 3.1. Прогнозні показники розвитку галузі сонячної енергетики

Джерело: складено автором за [28].

Одним з таких аспектів є перспективи розвитку плаваючих сонячних електростанцій (floating PV). Ця технологія передбачає розміщення сонячних панелей на поверхні водойм, що дозволяє уникнути конкуренції за земельні ресурси та підвищити ефективність панелей завдяки охолоджувальному ефекту води [47]. За прогнозами, встановлена потужність плаваючих сонячних електростанцій у світі може зрости з 2 ГВт у 2020 році до 70 ГВт у 2030 році та 400 ГВт у 2050 році (табл. 3.13) [7].

Таблиця 3.13

**Прогноз встановленої потужності плаваючих сонячних
електростанцій у світі, ГВт**

Рік	2020	2030	2050
Потужність, ГВт	2	70	400

Джерело: складено автором за [7].

Іншим перспективним напрямком розвитку сонячної енергетики є інтеграція сонячних панелей у будівлі (building-integrated PV, BIPV). Ця технологія дозволяє використовувати сонячні панелі як елементи даху, фасаду або вікон будівель, що підвищує їх естетичність та функціональність [28]. За прогнозами, обсяг ринку BIPV може зрости з 10 млрд дол США у 2020 році до 40 млрд дол США у 2030 році та 100 млрд дол США у 2050 році (табл. 3.14) [4].

Таблиця 3.14

**Прогноз обсягу ринку інтегрованих у будівлі сонячних панелей
(BIPV) у світі, млрд дол США**

Рік	2020	2030	2050
Обсяг ринку, млрд дол США	10	40	100

Джерело: складено автором за [4].

Ще одним важливим фактором розвитку сонячної енергетики є зростання ролі штучного інтелекту (ШІ) та інтернету речей (IoT) в управлінні та оптимізації роботи сонячних електростанцій. Використання ШІ-алгоритмів для прогнозування погоди, оптимізації кута нахилу панелей та виявлення несправностей може підвищити продуктивність та знизити операційні витрати сонячних електростанцій [45]. За прогнозами, глобальний ринок ШІ та IoT у сонячній енергетиці може зрости з 2 млрд дол США у 2020 році до 10 млрд дол США у 2030 році та 30 млрд дол США у 2050 році (табл. 3.15) [49].

Таблиця 3.15

**Прогноз обсягу ринку ШІ та ІоТ у сонячній енергетиці у світі,
млрд дол США**

Рік	2020	2030	2050
Обсяг ринку, млрд дол США	2	10	30

Джерело: складено автором за [49].

Нарешті, важливим аспектом розвитку сонячної енергетики є зростання ролі водню як засобу зберігання та транспортування відновлюваної енергії. Надлишкова електроенергія, вироблена сонячними електростанціями в періоди піку генерації, може використовуватися для електролізу води та виробництва «зеленого» водню, який потім можна зберігати та використовувати для виробництва електроенергії або як паливо для транспорту [19]. За прогнозами, глобальний ринок «зеленого» водню може зрости з 1 млрд дол США у 2020 році до 50 млрд дол США у 2030 році та 300 млрд дол США у 2050 році (табл. 3.16) [29].

Таблиця 3.16

Прогноз обсягу ринку «зеленого» водню у світі, млрд дол США

Рік	2020	2030	2050
Обсяг ринку, млрд дол США	1	50	300

Джерело: складено автором за [29].

Таким чином, розвиток сонячної енергетики у довгостроковій перспективі буде супроводжуватися не лише кількісним зростанням встановленої потужності та обсягів генерації, а й якісними змінами, пов'язаними з впровадженням нових технологій, бізнес-моделей та підходів до інтеграції в енергосистему. Врахування цих аспектів є важливим для комплексної оцінки перспектив розвитку галузі та прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

3.3. Оцінка розвитку ринку сонячної енергетики в Україні

Галузь сонячної енергетики має важливе місце в економіці України та є перспективною для розвитку з точки зору забезпечення енергетичної незалежності, створення нових робочих місць, захисту навколишнього середовища, розвитку інноваційного та експортного потенціалу та стимулювання економічного зростання.

Сонячна енергетика є однією з найбільш динамічних та перспективних галузей відновлюваної енергетики в Україні. За останнє десятиліття в країні відбувся стрімкий розвиток сонячної генерації, чому сприяли сприятливі природні умови, наявність необхідної інфраструктури та підтримка з боку держави [40].

Станом на кінець 2020 року загальна встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні досягла 6,2 ГВт, що становить близько 10% від загальної встановленої потужності електроенергетики країни [48]. За цим показником Україна входить до топ-10 країн Європи та має один з найвищих показників встановленої потужності сонячних електростанцій на душу населення в регіоні [46].

Таблиця 3.17

Динаміка встановленої потужності сонячних електростанцій в Україні, МВт

Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Встановлена потужність, МВт	324	531	742	1388	4925	6194

Джерело: складено автором за [32].

Як видно з таблиці 3.17 встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні зростає майже в 20 разів за період з 2015 по 2020 рік, що свідчить про високу динаміку розвитку галузі.

Розвиток сонячної енергетики в Україні має низку переваг для економіки та суспільства. По-перше, це сприяє зменшенню залежності країни від імпорту викопних енергоносіїв та підвищенню енергетичної безпеки [27]. По-друге,

сонячна енергетика створює нові робочі місця та стимулює економічний розвиток регіонів, особливо в сільській місцевості [43]. По-третє, заміщення викопного палива сонячною енергією дозволяє скоротити викиди парникових газів та покращити екологічну ситуацію в країні [23].

Основні показники розвитку сонячної енергетики в Україні у 2020 році представлено у таблиці 3.18.

Таблиця 3.18

Основні показники розвитку сонячної енергетики в Україні у 2020 році

Показник	Значення
Встановлена потужність, МВт	6194
Частка у загальній встановленій потужності електроенергетики, %	10,4
Виробництво електроенергії, млрд кВт-год	5,9
Частка у загальному виробництві електроенергії, %	3,2
Скорочення викидів CO ₂ , млн тонн	4,5
Кількість створених робочих місць, тис.	25

Джерело: складено автором за [18].

Незважаючи на значний прогрес, досягнутий за останні роки, сонячна енергетика в Україні має значний потенціал для подальшого розвитку. За оцінками експертів, технічно досяжний потенціал сонячної енергетики в країні становить близько 80 ГВт, що більш ніж у 10 разів перевищує поточну встановлену потужність [22]. Крім того, в Україні є значні можливості для розвитку децентралізованої сонячної генерації, зокрема на дахах житлових та комерційних будівель [31].

У 2021 році встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9655,9 МВт, включно з сонячними установками для приватних домогосподарств (дСЕС), або 8 450,8 МВт – без дСЕС (рис. 3.2) [3].

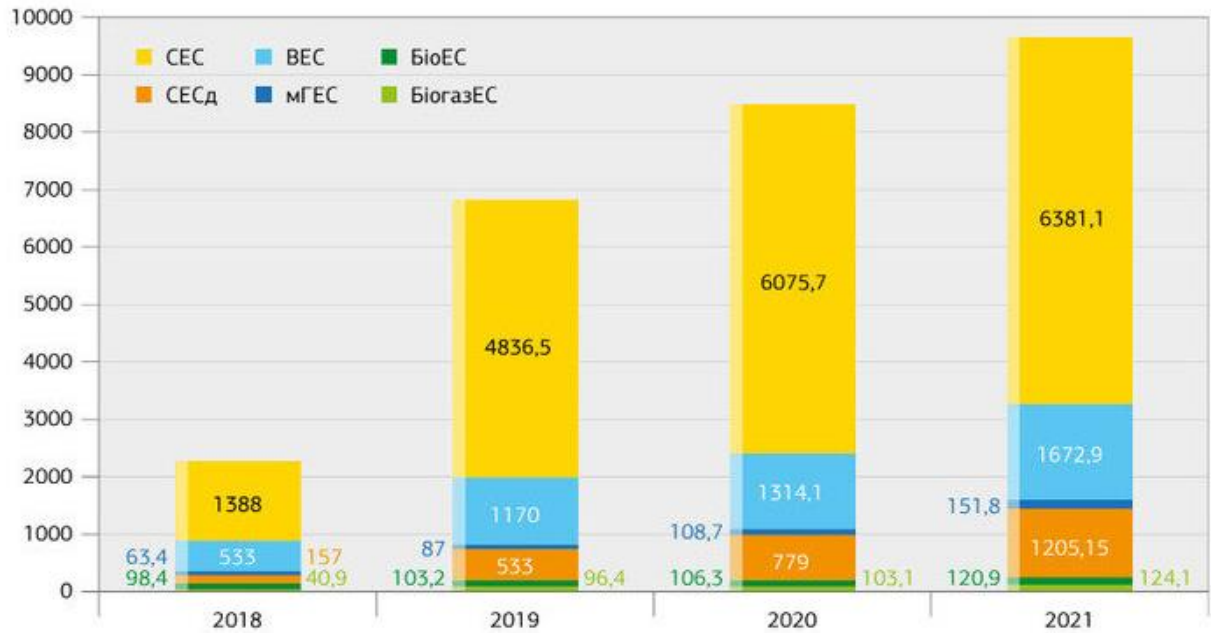


Рис. 3.2. Динаміка росту встановленої потужності об'єктів ВДЕ, які працюють за «зеленим» тарифом, МВт

Джерело: складено автором за [3].

Слід зазначити, що, активний темп розвитку у 2021 році спостерігався лише у одному сегменті – домашні СЕС, потужність яких зросла на 426,1 МВт, що становило 36,4% від нових потужностей ВДЕ, введених в експлуатацію. Таким чином, загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств наприкінці 2021 року досягла 1 205,1 МВт. На відміну від сектору дСЕС, потужність промислової сонячної енергетики зменшувалась. На кінець року сумарна встановлена потужність сектору сонячної енергетики країни склала 7 586,3 МВт (включно з дСЕС).

Якщо розглядати регіональну структуру ринку сонячної енергетики, то сонячна генерація поширена на значній території країни, проте близько 60% промислових сонячних електростанцій зосереджені у південних та південно-східних областях України.

Встановлена потужність відновлювальної енергетики за областями материкової частини України за 2021 рік показано у додатку Б. На

початок 2022 року за загальною встановленою потужністю з відновлювальної енергетики лідерами серед усіх областей України були Дніпропетровська, Херсонська і Миколаївська області. На усі ці області припадає понад 37,3% усіх потужностей відновлювальної енергетики в Україні. Що стосується річного приросту, то найбільше нових об'єктів з відновлювальної енергетики у 2021 році було додано у Миколаївській, Одеській, Херсонській та Запорізькій областях.

Проте, в період військової агресії росії проти України було пошкоджено близько 50% енергетичної інфраструктури країни. До війни частка «зеленої» енергетики в структурі виробництва становила понад 13%. Восени 2022 року з експлуатації були виведені майже всі вітрові електростанції та близько половини сонячних. Через це частка відновлюваних джерел в енергобалансі впала більш ніж удвічі. Динаміка обсягу встановлених потужностей відновлюваної енергетики в Україні за період 2015-2022 рр. показана на рис. 3.3.

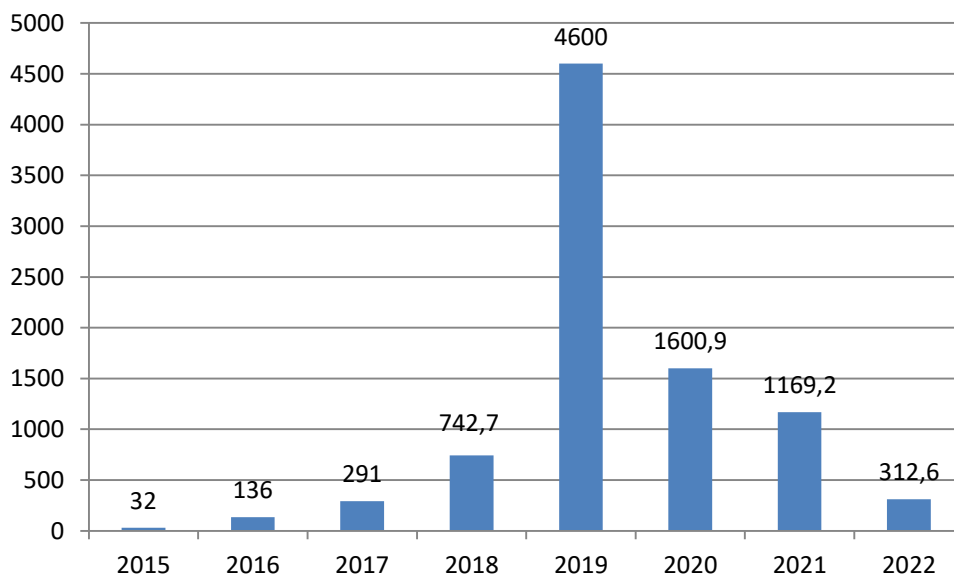


Рис. 3.3. Динаміка обсягу встановлених потужностей відновлюваної енергетики в Україні за період 2015-2022 рр., МВт

Джерело: складено автором за [11].

Через пошкодження підстанцій та мереж, обстріли, розкрадання обладнання окупантами та відсутність доступу до електростанцій робота об'єктів «зеленої» енергетики на тимчасово окупованих територіях припинилася. За оцінкою міністра енергетики Германа Галущенка, до кінця жовтня 2022 року з експлуатації довелося вивести близько 75% вітрових станцій та 45-50% – сонячних. Левова частка з них розташована на півдні України.

Порахувати точну суму збитків сектору можна буде лише після повної деокупації захоплених територій. За оцінками учасників ринку, у кінці 2022 року втрати виглядали так (рис. 3.4).

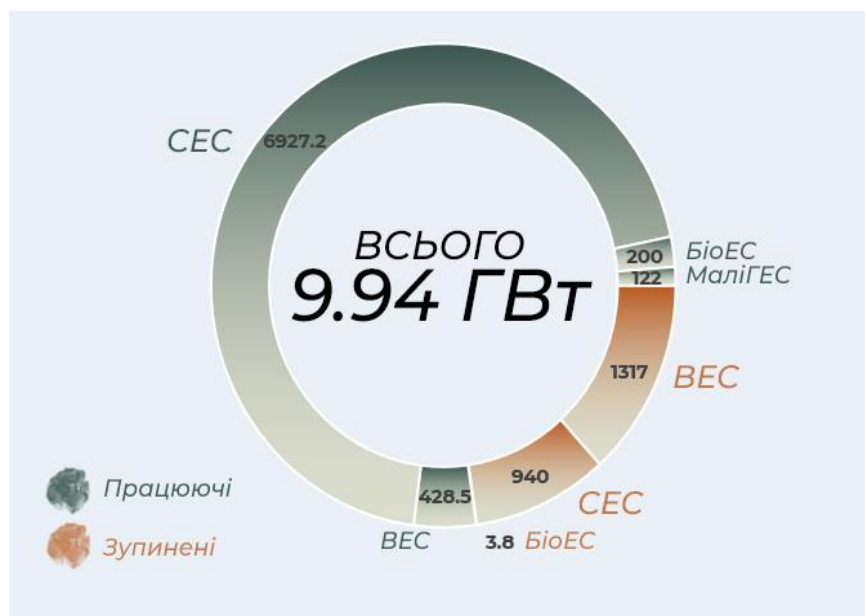


Рис. 3.4. Попередня оцінка впливу російської агресії на сектор відновлюваної енергетики станом на кінець 2022 року, ГВт

Джерело: складено автором за [11].

Загалом війна завдала галузі сонячної енергетики значних втрат, про що свідчить більш ніж дворазове падіння її частки в загальному обсязі виробництва електроенергії. До 2022 року цей показник становив 13,4%, зараз – 5-6%. Для відновлення потенціалу виробництва сонячної енергетики необхідно забезпечити стабільність та передбачуваність державної політики підтримки сонячної енергетики, залучити інвестиції у модернізацію та розширення

електричних мереж, стимулювати розвиток вітчизняного виробництва обладнання для сонячних електростанцій та активізувати міжнародне співробітництво у галузі.

Україна займає важливе місце на світовому ринку сонячної енергетики та має значний потенціал для подальшого розвитку галузі. Завдяки сприятливим природним умовам; стратегічному розташуванню; інноваційним можливостям; реформуванню законодавства в енергетичному секторі; підтримці міжнародних організацій, наявності кваліфікованих кадрів та розвиненій промисловій базі, країна має всі передумови для перетворення на одного з лідерів сонячної енергетики в Європі та світі.

Станом на кінець 2020 року Україна входила до топ-10 країн Європи за встановленою потужністю сонячних електростанцій, поступаючись лише таким країнам, як Німеччина, Італія, Велика Британія, Франція та Іспанія (табл. 3.19) [37]. При цьому за темпами зростання встановленої потужності сонячних електростанцій в останні роки Україна випереджала більшість європейських країн [36].

Таблиця 3.19

Топ-10 країн Європи за встановленою потужністю сонячних електростанцій у 2020 році, МВт

Місце	Країна	Встановлена потужність, МВт
1	Німеччина	54600
2	Італія	21600
3	Велика Британія	13500
4	Франція	11700
5	Іспанія	11500
6	Нідерланди	10000
7	Туреччина	6800
8	Україна	6194
9	Бельгія	5400
10	Греція	3300

Джерело: складено автором за [38].

Україна також є привабливим ринком для інвесторів та виробників обладнання для сонячної енергетики. За даними Держенергоєфективності, у

2020 році в українську сонячну енергетику було інвестовано близько 1,4 млрд дол США, що є одним з найвищих показників серед країн Європи [9]. В Україні працюють представництва провідних міжнародних компаній, таких як Jinko Solar, Trina Solar, ABB, SMA Solar Technology та інших [42].

Перспективним напрямком розвитку сонячної енергетики в Україні є також реалізація проектів у форматі «зелених» аукціонів, які дозволяють знизити вартість електроенергії для споживачів та забезпечити більшу конкуренцію між інвесторами [39]. Перший в Україні «зелений» аукціон відбувся у 2019 році, за результатами якого було розподілено квоту на будівництво 78 МВт сонячних електростанцій за середньою ціною 5,5 євроцентів за кВт-год (табл. 3.20) [21].

Таблиця 3.20

Результати першого «зеленого» аукціону в Україні у 2019 році

Показник	Значення
Розподілена квота, МВт	78
Середня ціна, євроцентів/кВт-год	5,5
Найнижча ціна, євроцентів/кВт-год	4,8
Найвища ціна, євроцентів/кВт-год	6,9
Кількість учасників	9

Джерело: складено автором за [21].

Водночас, для подальшого розвитку сонячної енергетики в Україні та зміцнення її позицій на світовому ринку необхідно вирішити низку викликів та проблем. Зокрема, йдеться про необхідність модернізації та розширення електричних мереж для забезпечення надійної інтеграції зростаючих обсягів сонячної генерації, вдосконалення законодавчої бази та механізмів підтримки галузі, розвиток вітчизняного виробництва обладнання та комплектуючих для сонячних електростанцій [8].

Ще одним перспективним напрямком розвитку сонячної енергетики в Україні є реалізація проектів з будівництва сонячних електростанцій на територіях, непридатних для ведення сільського господарства, зокрема на територіях відчуження навколо Чорнобильської АЕС. У 2018 році в зоні

відчуження було введено в експлуатацію першу чергу сонячної електростанції потужністю 1 МВт, яка стала першою в світі сонячною електростанцією, побудованою на радіаційно забрудненій території [34].

Таким чином, Україна має значний потенціал для розвитку сонячної енергетики та зміцнення своїх позицій на світовому ринку. Для реалізації цього потенціалу необхідно забезпечити стабільність та передбачуваність державної політики підтримки галузі, залучити інвестиції у будівництво нових потужностей та модернізацію інфраструктури, стимулювати розвиток вітчизняного виробництва обладнання та активізувати міжнародне співробітництво. За умови успішного вирішення цих завдань, сонячна енергетика може стати одним з ключових драйверів сталого розвитку економіки України та зробити вагомий внесок у досягнення цілей декарбонізації та енергетичної незалежності країни.

ВИСНОВКИ

У зв'язку з постійним зростанням світового попиту на електроенергію та підвищеним усвідомленням екологічних проблем, сонячна енергетика займає ключову позицію в енергетичній трансформації. Вона володіє великим потенціалом для забезпечення сталого розвитку та екологічної сталості, що стає особливо важливим у дотриманні міжнародних зобов'язань щодо зменшення викидів парникових газів.

Дослідження показало, що сонячна енергетика є одним із найбільш екологічно чистих джерел енергії. Вона не викидає шкідливі гази або інші забруднюючі речовини в атмосферу, що робить її найбільш прийнятною для забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Сонячна енергетика є сферою, де сталий технологічний прогрес сприяє постійному вдосконаленню ефективності та економічності. Це відкриває широкі можливості для інновацій та розвитку нових технологій у сфері сонячної енергетики.

На темпи зростання галузі сонячної енергетики впливають наступні чинники: технологічний прогрес; посилення впливу екологічної свідомості населення; збільшення підтримки держави та регулювання; економічна вигідність; масштабування виробництва.

Під час аналізу розвитку світового ринку сонячної енергетики було виявлено значне зростання обсягів виробництва та встановлення сонячних систем, що свідчить про широке розповсюдження та популяризацію цієї форми відновлюваної енергії.

У галузі сонячної енергетики можна виділити наступні особливості вхідних бар'єрів, лояльності до брендів, вимог до капіталу, доступу до технологій та ефекту від «економії на масштабі», а також реакції діючих гравців на появу нового конкурента.

Аналізуючи світовий ринок сонячної енергетики з точки зору концепції життєвого циклу галузі, можна стверджувати, що ця галузь перебуває на стадії

зростання. Встановлення сонячних електростанцій та виробництво сонячних панелей швидко зростає, що свідчить про постійний попит на них.

Україна, володіючи сприятливими природними умовами та розташуванням, має потенціал стати важливим гравцем у галузі сонячної енергетики. Проте, для максимізації цього потенціалу необхідно впроваджувати ефективні державні програми та стимули, сприяти інноваціям та розвитку технологій, а також забезпечити стабільний розвиток регуляторної бази.

Відсутність енергетичної незалежності та залежність від імпорту енергоресурсів є великими викликами для економічної стабільності та національної безпеки України. Розвиток сонячної енергетики може стати важливим кроком у забезпеченні енергетичної безпеки, економічного зростання та екологічної сталості країни. Крім того, це відкриває нові можливості для створення робочих місць, приваблення інвестицій та розвитку інноваційного потенціалу. Щоб максимізувати ці переваги, необхідно сприяти інвестиціям у галузь, створювати сприятливі умови для бізнесу та забезпечувати стаке регулювання. Реалізація цих заходів допоможе Україні стати лідером у галузі сонячної енергетики та відіграти важливу роль у глобальній боротьбі з кліматичними змінами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бубенчиков А. А., Молодих В. О., Руденко А. І. та ін. Сонячна енергія як джерело електричної енергії. *Міжнародний науково-дослідний журнал*. URL: <https://research-journal.org/technical/>
2. Важинський С.Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с. URL: <https://pedagogy.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/03/vajinskii-posibnyk.pdf>
3. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>
4. Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина. Г. П. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с.
5. Літвінов, О. С., Літвінова Я. І. Сонячна енергетика: перспективи розвитку. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2018. Вип. 30(2). С. 22-25.
6. Офіційний сайт Глобального енергетичного аналітичного центру Ember. URL: <https://ember-climate.org/>
7. Прогноз розвитку енергетики України до 2035 року. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. - Київ: Міненерговугілля, 2017. 66 с.
8. Ринок сонячної енергетики в Україні і фактори, що впливають на нього. URL: <https://solarity.eu/ua/blog/rynok-sonjasnoji-enerhetyky-v-ukrajini-i-factory-sco-vplyvajut-na-noho/>
9. Семків, Г. С., Долінська Л. Б. Аналіз ринку сонячної енергетики в умовах трансформації енергетичного сектору. *Молодий вчений*. 2021. № 5(93). С. 40-44.

10. ТОП-7 виробників сонячних панелей за рейтингом Tier1. URL: <https://sun-energy.com.ua/articles/top-7-vyrobnykiv-soniachnyh-pateley-tier1>
11. Що залишилося від «зеленої» енергетики в Україні. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431/>
12. Arora S., Raturi S., Tiwari T. Drivers and Challenges in the Global Solar PV Supply Chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 154.
13. Australia Solar Market Update 2021. Australian Energy Council. Melbourne: Australian Energy Council, 2021. 20 p.
14. Chawla K., Waldron M., Dutt N., Agrawal A. Scaling up Solar in India: Status, Challenges, and Policy Options. New Delhi: Council on Energy, Environment and Water (CEEW), 2020. 50 p.
15. Frangou M., Aryblia C., Tournaki S., Tsoutsos T. Japan's Solar PV market: Analysis of the Past, Transition and Outlook for the Future. *Energies*. 2021. Vol. 14, Iss. 10.
16. Gandenberger, J. Overcapacities in the Global Solar Value Chain. *Economia e Politica Industriale*. 2022. Vol. 49, Iss. 1. P. 11-32.
17. Ghimire L. P., Bhattarai B. K. Solar Energy Development in Germany: Policies, Trends and Challenges. *Energy Policy*. 2022. Vol. 160.
18. Honcharuk, I. V., Kovalchuk N. V. Strategic Directions of Solar Energy Development in UKRAINE. *Економіка АПК*. 2020. № 11. С. 208-218.
19. Jacobs D., Nagan V. The Global Outlook of the Solar PV Industry Amid the COVID-19 Pandemic. *Energy Strategy Reviews*. 2021. Vol. 38.
20. Jäger-Waldau, A. Snapshot of Photovoltaic Aics 2021. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. 90 p.
21. Karmiris G., Tsoutsos T. Renewable Energy Sources in Ukraine: Current State and Prospects of Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022. Vol. 154.
22. Kurbatova T., Khlyap H. Ukrainian Renewable Energy: Policy and Practice of the Transition Period. *Energy Policy Journal*. 2021. Vol. 24, Iss. 2. P. 221-236.

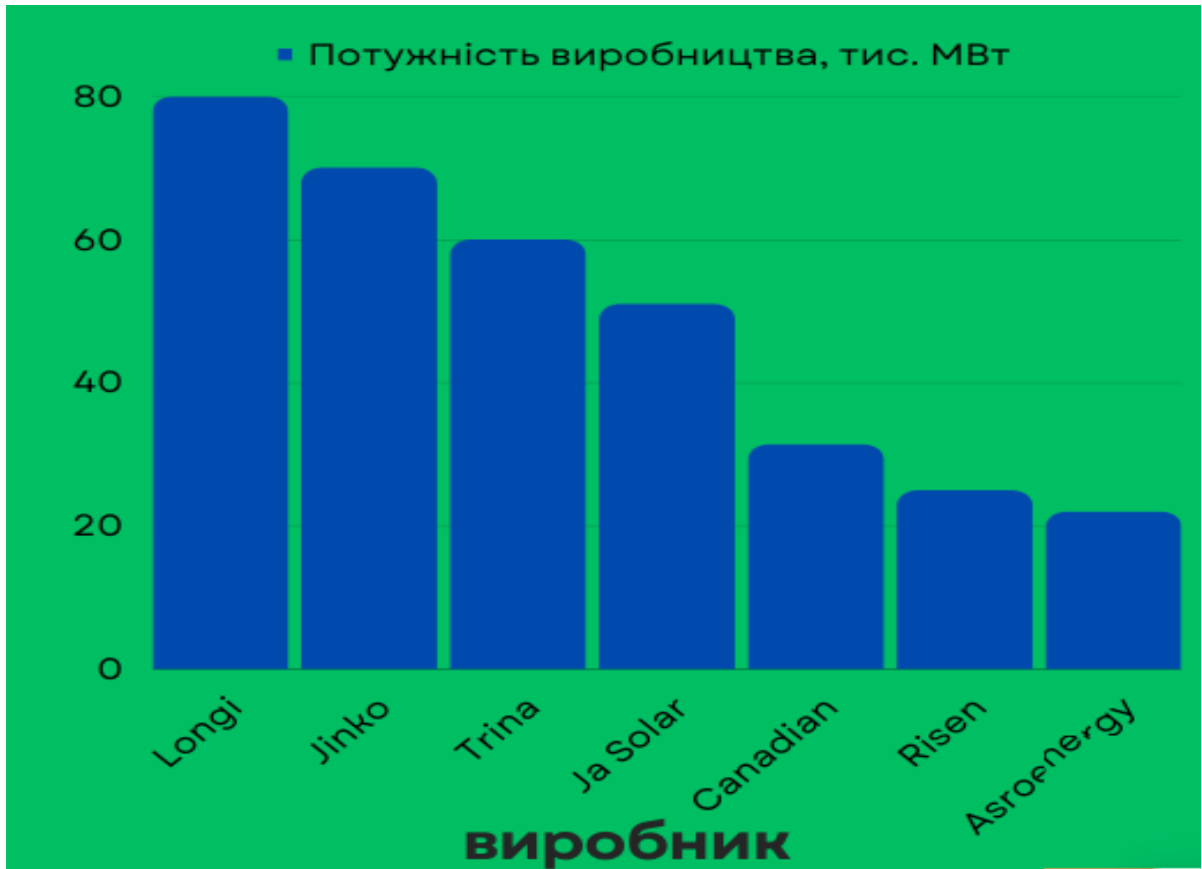
23. Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - Version 14.0. Lazard. New York: Lazard, 2020. 21 p.
24. Lee C. W., Zhong J. H., Nah J. Y. The Technological Development Strategy of Solar PV Industry in Korea. *Energy Policy*. 2021. Vol. 155.
25. Liu H., Wang H. The Overcapacity in China's PV Industry and Government's Response. *Energy Policy*. 2022. Vol. 168.
26. Margolis R., Augustine C., Horowitz K. Solar Futures Study. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2021. 310 p.
27. Maslak O., Maslak S. Photovoltaic Market Development in the World and Ukraine. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2021. № 18. С. 171-180.
28. Matviychuk L., Seleznov B. Perspectives of solar energy development in Ukraine. *Economic Consultant*. 2020. Vol. 31, Iss. 3. P. 28-40.
29. Mekhilef, S., Mahmoodi M., Gao S. Solar Energy in China: Current State, Challenges and Prospect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 144.
30. Muhammad-Sukki F. N., Ramirez-Iniguez A., Abu-Bakar S. H. Feed-in Tariff for Solar Photovoltaic: The Rise of Japan. *Renewable Energy*. 2014. Vol. 68. P. 636-643.
31. Mykhailenko, O. G. Solar Power Plants as an Object of Investment in Ukraine *Економіка та держава*. 2020. № 7. С. 235-241.
32. Mylenka M. M. Value Chain of the Solar Energy Market: World Experience and Prospects for Ukraine. *Економіка та держава*. 2021. № 6. С. 158-163.
33. Philipps S., Warmuth W. Photovoltaics Report. Freiburg: Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). 2022. 50 p.
34. Renewable Energy and Jobs - Annual Review 2021. URL: <https://www.irena.org/publications/2021/Oct/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2021>
35. Renewable Energy Market Update 2023. International Energy Agency (IEA). URL: <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-june-2023>

36. Renewable Energy Statistics 2024. The International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi: IRENA, 2024. 408 p. URL: <https://www.irena.org/Publications/2024/Mar/Renewable-capacity-statistics-2024>
37. Renewables 2024. Global Status Report. – Global Overview: REN21. URL: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_GlobalOverview_Full_Report_with_endnotes_web.pdf
38. Sadorsky, P. A. Global Perspective on the Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus. *Energy Economics*. 2022. Vol. 107.
39. Schindler S., Loonen M. Global Market Outlook For Solar Power 2021-2025. Brussels: SolarPower Europe, 2021. 104 p.
40. Sellyei, A., Ziabina M. Analysis of the Solar Power Plant Development in Ukraine. *Інфраструктура ринку*. 2021. Вип. 55. С. 117-122.
41. Shubbak M. H. The Technological System of Production and Innovation: The Case of Photovoltaic Technology in China. *Research Policy*. 2019. Vol. 48, Iss. 4. P. 993-1015.
42. Solar Energy Systems Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. URL: <https://www.precedenceresearch.com/solar-energy-systems-market>
43. Solar Energy: A New Day Dawning? A. T. Kearney Energy Transition Institute. - Chicago: A. T. Kearney, 2021. 52 p.
44. Solar Market Insight Report 2020 Year in Review. URL: <https://www.seia.org/research-resources/solar-market-insight-report-2020-year-review>
45. Solar PV Market Outlook 2024. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). London: BNEF, 2024. 58 p.
46. Technology Roadmap: Solar Photovoltaic Energy - 2020 edition. International Energy Agency (IEA). Paris: IEA, 2020. 76 p.

47. TOP-5 Biggest Solar Companies in the World. URL: <https://www.insidermonkey.com/blog/5-biggest-solar-companies-in-the-world-2-1273881/>
48. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. New York: UN Publishing, 2015. 41 p.
49. Wigginton, M., Grue A. Solar trade wars: The Evolving Landscape of Solar PV Trade Disputes. *Solar Energy*. 2021. Vol. 215. P. 322-331.
50. World Energy Outlook 2024. International Energy Agency (IEA). Paris: IEA, 2024. 386 p.

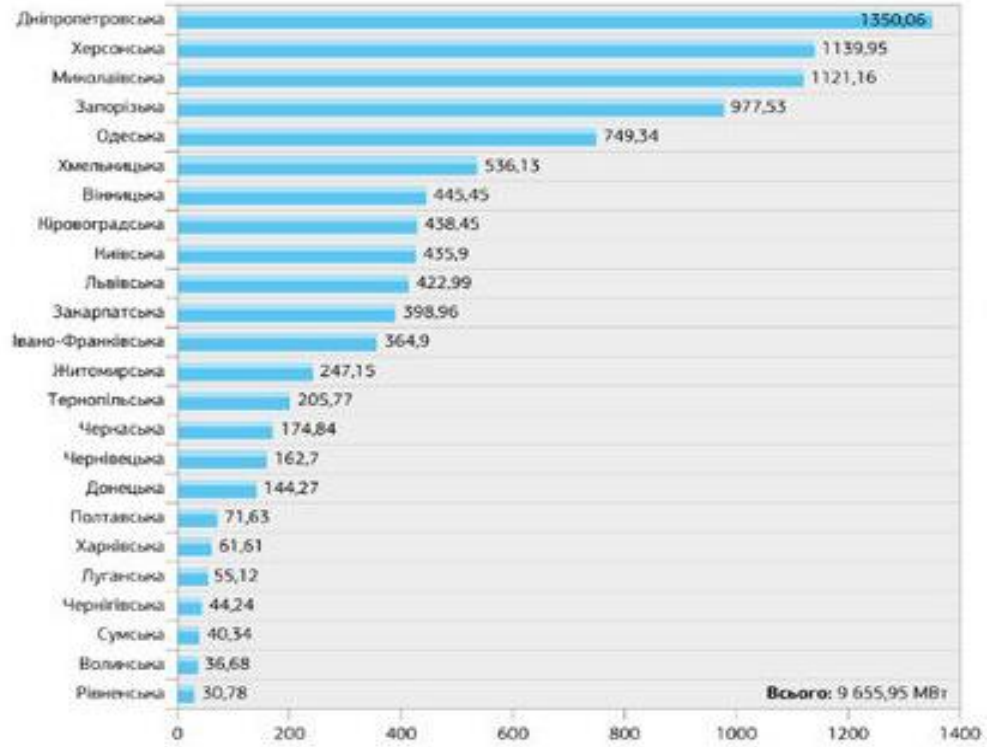
ДОДАТКИ

**Регіони-імпортери сонячних панелей з Китаю у 2022 році,
% від загального імпорту**



Джерело: складено автором за [10].

Встановлена потужність відновлювальної енергетики за областями України за 2021 рік, МВт



Джерело: складено автором за [3].