

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-23>

УДК 339.9

ФЕДОРЧУК Володимир

Донецький національний університет імені Василя Стуса

<https://orcid.org/0009-0003-2099-7055>

e-mail: fedorchuk_v@donnu.edu.ua

ФЕОФАНОВ Дмитро

АТ «Вінницяобленерго»

НАПРЯМИ СТРАТЕГІЧНОГО РОЗВИТКУ «ЗЕЛЕНОЇ» ЕНЕРГЕТИКИ В СВІТІ

У статті досліджуються напрями стратегічного розвитку «зеленої» енергетики в світі. Узагальнюючі існуючі в науковій літературі підходи до визначення понять зелених, чистих та відновлюваних джерел енергії, автори роблять висновок, що відновлювана енергія одержується з джерел, що постійно поновлюються та підлягають переробці. Результати досліджень доводять, що останніми роками національні політики, стратегії та плани розвитку відновлюваної енергії збільшуються в орієнтації на сталий розвиток. Таким чином, основними напрямками стратегічного розвитку «зеленої» енергетики є розвиток генерації енергії з відновлюваних зелених джерел з нульовим або мінімальним впливом на навколишнє середовище є сонце, вітер, гідроелектроенергія, геотермальна енергія, енергія припливів і океанів, біомаса та біопаливо. Найдешевшим і екологічним джерелом енергії є відновлювана енергія, оскільки її можна виробляти усередині країни це мінімізує попит на імпорт енергоносіїв. Останніми роками відновлювана зелена енергетика продовжувала свою тенденцію до зниження через труднощі в ланцюжку постачання, в той же час підвищення цін викопні джерела енергії ще не повністю показало свій вплив на вартість проектів зеленої енергетики.

Ключові слова: енергетика, зелена енергетика, світовий ринок, сталий розвиток.

FEDORCHUK Volodymyr

Vasyl' Stus Donetsk National University

FEOFANOV Dmytro

JSC "Vinnytsiaoblenergo"

DIRECTIONS OF STRATEGIC DEVELOPMENT OF "GREEN" ENERGY IN THE WORLD

The article examines directions of strategic development of "green" energy in the world. Summarizing the approaches to defining the concepts of green, clean and renewable energy sources existing in the scientific literature, the authors conclude that renewable energy is obtained from sources that are constantly renewed and subject to processing. Research results prove that in recent years, national policies, strategies and plans for the development of renewable energy are increasingly oriented towards sustainable development.

The renewable energy market, which was estimated at \$881.7 billion in 2020, is expected to reach \$1,977.6 billion between 2023 and 2030. USA. According to market research, the demand for clean energy alternatives is growing at an exponential rate, and supportive government policies are essential to facilitate the transition.

Some of the actual problems associated with renewable green energy systems come from their specific source, referring to the nature of the source, which can be intermittent, highly dependent on weather conditions or the type of technology used, storage capacity, training support, necessary where there is no service system.

A review of existing research shows that solar energy is used globally and is becoming more common as a means of water desalination, home heating and electricity generation, and the cost of producing solar panels has fallen significantly over the last decade. In this context of energy needs, solar panels have become a sustainable and most cost-effective source of electricity.

The use of hydropower is occurring on a large scale around the world, contributing to the achievement of Sustainable Development Goals 7 (SDG7).

Thus, the main directions of the strategic development of "green" energy are the development of energy generation from renewable green sources with zero or minimal impact on the environment, such as the sun, wind, hydroelectric power, geothermal energy, tidal and ocean energy, biomass and biofuel. The cheapest and most environmentally friendly source of energy is renewable energy, since it can be produced domestically, which minimizes the demand for energy imports. In recent years, renewable green energy has continued its downward trend due to supply chain difficulties, while rising fossil energy prices have yet to fully show their impact on the cost of green energy projects.

Key words: energy, green energy, global market, sustainable development

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

У новому глобальному контексті безперервний розвиток зелених енергетичних технологій і диверсифікація ринку грають важливу роль в енергетичному секторі в усьому світі [1]. Більше 90% країн світу працюють над розширенням відновлюваних джерел енергії [2]. Як наслідок, уряди всіх країн змушені прийняти новий погляд на майбутнє відновлюваних джерел енергії. Енергетика є ключовим джерелом економічного розвитку [3]. Беручи до уваги поточну ситуацію в усьому світі, рекомендується, щоб усі країни об'єднали зусилля щодо вдосконалення законодавчої бази, прийняття державної політики та розробки стратегій і технологій, які виробляють зелену енергію та енергію з відновлюваних ресурсів [4], щоб досягти своїх цілей економічного розвитку, особливо Цілей сталого розвитку. Крім того, багато експертів з

енергетики вважають, що відновлювана енергетика є одним із ключових факторів підвищення надійності постачання [5] та зниження викидів парникових газів. Вартість енергетичної сировини (сирої нафти та природного газу) є однією із основних цілей енергетичної політики, і це одна з головних причин значного зсуву у структурі споживаних енергоресурсів та освоєння нових ресурсів.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Питання розвитку «зеленої» енергетики в світі досліджуються в роботах А. Андронічану та О.М. Сабі, Д. Гілен, Ф. Бошелл, Д. Сайгін, М.Д. Базилян, Н. Вагнер, Р. Горіні та інших, питання розвитку альтернативних джерел енергії як в Україні, так і в країнах ЄС досліджуються низкою таких науковців, як: Л.Г. Мельник, О.С. Полянський, О.В. Дьяконов, О.В. Кубаток, А.В. Скрипник, О.Ю. Чигрин та інші.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою даної роботи є визначення напрямів стратегічного розвитку «зеленої» енергетики в світі.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Наукові дослідження за останні десять років виявили ключові відмінності між зеленими, чистими та відновлюваними джерелами енергії. Науковці схильні використовувати ці поняття взаємозамінно; однак ресурс може бути відновлюваним, але не чистий або зелений, і це може призвести до певної плутанини [6]. Зелена енергія – це енергія, яка генерується з використанням природних ресурсів, таких як сонце. Відновлювана енергія виникає з невичерпних джерел, таких як сонячна енергія, гідроенергія та енергія вітру, тоді як чиста енергія не викидає забруднювачів (вуглекислого газу) в атмосферу. Наукова спільнота обговорює ці тонкі відмінності, незважаючи на загальну думку, що відновлювана енергія ідентична іншим видам енергії (наприклад, греблю гідроелектростанції, яка відхиляє водні шляхи та негативно впливає на навколишнє середовище, навряд чи можна назвати «зеленою» [7]). Навпаки, енергія вітру — це екологічний, чистий відновлюваний природний ресурс [8].

Іншими словами, відновлювана енергія одержується з джерел, що постійно поновлюються та підлягають переробці. Прикладами є сонячна енергія, енергія вітру, геотермальна енергія та гідроелектроенергія. Коли зелена енергія та відновлювані джерела енергії, такі як сонячна і вітер, поєднуються, результатом є ідеальна чиста суміш енергії [9].

Ринок відновлюваної енергії, який у 2020 році оцінювався в 881,7 мільярда доларів США, з 2023 до 2030 р. має досягти 1977,6 млрд дол. США [17]. Згідно з дослідженнями ринку, попит на чисті енергетичні альтернативи зростають експоненційними темпами, а державна політика підтримки має важливе значення для сприяння переходу [10].

Деякі з фактичних проблем, пов'язаних із системами відновлюваної зеленої енергії, походять від їх конкретного джерела [11], маючи на увазі характер джерела, який може скласти переривчастим, сильно залежати від погодних умов або типу використовуваної технології, сміливість зберігання, підтримка навчання, необхідна там, де відсутня система обслуговування [12].

Останніми роками національні політики, стратегії та плани розвитку збільшуються в орієнтації на сталий розвиток. Відкрита робоча група Генеральної Асамблеї ООН представила в Нью-Йорку список глобальних Цілей сталого розвитку (ЦСР), який містив 17 цілей і 169 завдань [13]. Для боротьби із кліматичними змінами, необхідно моделювати, контролювати та координувати кілька соціальних, економічних та екологічних елементів у глобальному масштабі [14]. Поняття сталого розвитку вплинуло на те, як розробляється сьогодні енергетична політика.

Згідно з дослідженнями [15], світ поступово рухатиметься до стійкості - джерела енергії, засновані на викопному паливі, будуть поступово замінюватися відновлювані, наприклад, як біоенергія, сонячна енергія, енергія вітру та океану (припливи та хвилі), геотермальна енергія та гідроенергетика. ЦСР у цьому контексті спрямовані на те, щоб глобальне потепління у 21-му столітті, і його наслідки пом'якшилися таким чином, щоб забезпечити сталий розвиток і залишити його як спадок для майбутніх поколінь [16].

Зелені джерела енергії - це відновлювані та чисті джерела енергії, включаючи сонце, вітер, геотермальну енергію, гідроелектрику, енергію припливів і океанів, а також біомасу [17]. Зелена енергія відноситься до будь-якого виду енергії, що виробляється з використанням природних ресурсів [18].

Основними напрямками стратегічного розвитку «зеленої» енергетики є розвиток генерації енергії з відновлюваних зелених джерел з нульовим або мінімальним впливом на навколишнє середовище є сонце, вітер, гідроелектроенергія, геотермальна енергія, енергія припливів і океанів, біомаса та біопаливо.

- *Сонячна енергія*

Ця широко поширена форма відновлюваної енергії часто генерується фотоелектричними елементами, які призначені для поглинання сонячного світла та перетворення його в електричний струм [19].

Сонце має великий потенціал для забезпечення енергетичних потреб, враховуючи, що достатньо енергії для екосистеми планети протягом цілого року досягає земної поверхні лише за одну годину. Тим не менш, перешкода, яка завжди існувала, полягає в тому, щоб зрозуміти, як залучити та використати цей

потенціал [20]. Системи сонячної енергії не тільки екологічні, тому що вони не виробляють парникових газів і не забруднюють повітря, але й є чистими джерелами енергії [21]. З аналізу спеціальної літератури виникає думка, що сонячні панелі також можуть кваліфікуватися як зелена енергія, якщо вони виробляються та виготовляються у спосіб, який має мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. Результати огляду існуючих досліджень показують, що сонячна енергія використовується в глобальному масштабі та стає все більш поширеною як засіб опріснення води, опалення будинків і виробництва електроенергії, а ціна виробництва сонячних панелей значно скоротилося за останнє десятиліття. У цьому контексті енергетичних потреб, сонячні панелі стали стійким і найбільш економічно ефективним джерелом електроенергії.

- *Енергія вітру*

Енергія вітру використовує силу руху повітря навколо планети для повороту турбіни, які натомість виробляють електроенергію [22]. Цей вид енергії найкраще використовується в місцях, які знаходяться в морі або на високогір'ї. На суші вітрові турбіни повинні бути розташовані в регіонах із сильними вітрами, наприклад вершини пагорбів, широкі відкриті простори та рівнини. Генерація енергії вітру як офшорна промисловість стабільно зростала протягом багатьох років, і вітрові електростанції пропонують чудовий шлях генерувати енергію, долаючи більшість занепокоєнь щодо того, що вони шумні чи чинять шкоду на суші [23].

Вітроенергетика є чудовим рішенням, оскільки вітроенергетичні системи не викидають будь-які газоподібні забруднювачі, такі як CO_x, SO_x, NO_x і тверді частки (PM), такі як сажа або будь-які інші забруднювачі повітря під час їх експлуатації [24]. Звичайна площа вітроенергетичного проекту окупується менш ніж за шість місяців, а потім і завод виробляє електроенергію десятиліттями, не викидаючи забруднювачів взагалі [25].

Вітер як джерело енергії, яке є чистим і коштує дешевше. Вітер турбіни використовують кінетичну енергію вітру та перетворюють її на придатну для використання електроенергію протягом 24 годин на день, кожен день, по всьому світу.

- *Гідроенергетика*

Подібно до енергії вітру, гідроелектростанції виробляють електроенергію шляхом обертання турбінної лопатки генератора [26]. У деяких країнах гідроенергетика часто використовується, тому що вона обертає лопаті турбіни з річок з швидкою водою або водоспадів [27]. Хоча енергія вітру швидко скорочує розрив, гідроелектроенергія зараз є найбільшим джерелом відновлюваної енергії в США. Незважаючи на те, що гідроелектростанції виробляють відновлювану енергію, вони не обов'язково є «зеленими» джерелами енергії [28]. Справа в тому, що великі дамби перенаправлення природних джерел води негативно впливають як на людей, так і на тварин, через перешкоду до доступу до водопостачання. Менші гідроелектростанції (≤ 40 мегават) перенаправляють лише невелику частину потоку води; отже, якщо вони правильно керовані, вони не матимуть такого ж руйнівного впливу на місцеву екологію.

Тільки на гідроенергію припадає 17% світового виробництва електроенергії, і серед усіх інших технологій вона пропонує ефективність приблизно 90% [29].

Використання цього типу відновлюваного зеленого джерела енергії відбувається у великих масштабах у всьому світі, що сприяє досягненню Цілей сталого розвитку 7 (ЦСР7).

Крім того, використання гідроенергії є універсальним. Є гідроелектростанції, від яких можна швидко переходити не вироблення електроенергії на максимальну потужність. Здатність гідроелектростанцій миттєво створювати електроенергію та додавати її до мережі робить їх ключовим джерелом резервного живлення у разі значних відключень електроенергії або збоїв. Вартість гідроенергії є відносно низькою. У порівнянні з іншими видами енергії гідроенергетика виробляє електроенергію за меншу вартість, зберігаючи стабільність протягом усього часу. Використовуючи існуючі будівлі, такі як мости, тунелі та дамби, вони можуть навіть допомогти зменшити загальну вартість будівництва. Значною перевагою цього типу відновлюваної зеленої енергії (RGE) є те, коли існує значний попит на енергію, такі технології, як ГЕС,

який зберігає енергію, можна використовувати в поєднанні з відновлюваними джерелами енергії, такими як енергія вітру та сонця.

- *Геотермальна енергія*

При цьому використовується теплова енергія, що накопичується безпосередньо під поверхнею землі. Незважаючи на те, що доступ до цього ресурсу вимагає буріння, що викликає занепокоєння щодо його потенційного впливу на навколишнє середовище, цей ресурс має великий потенціал. Щодо систем геотермальної енергії, є деякі занепокоєння щодо забруднення повітря та води, а також потенціалу для деградація екосистем і зміна середовищ існування видів і флори [30].

Геотермальна енергія дійсно використовувалася протягом сотень років для обігріву гарячих джерел для купання, і його також можна використовувати для створення пару для живлення турбін і виробництва електроенергії. Геотермальна енергетика тільки в США може генерувати в десять разів більше електроенергії, ніж вугілля зараз.

Хоча деякі країни, такі як Ісландія, мають доступні геотермальні ресурси, ця доступність використання ресурсів залежить від їхнього розташування, тому потрібен ретельний нагляд для того, щоб

буріння справді було екологічним і екологічним. Повернення пару та гарячої води в землю може зменшити викиди, зробивши цей відновлюваний ресурс екологічнішим [31].

Геотермальні енергетичні системи значно чистіші та екологічніші, ніж традиційні енергетичні системи, хоча кожна технологія має свій несприятливий вплив на навколишнє середовище, які вивчалися багатьма дослідниками [32].

У таких країнах, як Сальвадор, Нова Зеландія, Кенія та Філіппіни, відновлювані джерела задовольняють значну частину потреби в електроенергії [33]. В Ісландії, наприклад, вони задовольняють понад 90% потреби в опаленні [34].

Об'єкти геотермальної енергетики можуть постачати базову електроенергію та, у деяких ситуаціях, допоміжні послуги для короткочасної і довгострокої гнучкості завдяки їхнім ключовим перевагам незалежності від погоди та їх надзвичайно високоємні фактори [35]. Геотермальні ресурси мають значний потенціал для постачання електроенергії, яка є не тільки відновлюваною, але й надійною, тому виробництво геотермальної енергії може мати сприятливий вплив на економіку навколишніх територій. Геотермальні установки та процедури буріння вимагають різноманітних професійних навичок і категорій праці, які можна порівняти з тими, що використовуються у промисловості викопної енергії, а також у гірничодобувній промисловості, будівництві, виробництві та інших галузях.

Працівникам може бути легше переходити між галузями, якщо вони мають спільний набір навичок.

- *Енергія припливів і океану*

Океанічні та морські течії використовуються для виробництва енергії припливів [36]. Генератори подібні до тих, що використовуються для вітрової енергії, і мають такий самий тип лопатей рухомі течіями, вони мають менш значний вплив на екосистеми. Цей тип енергії має здатність стати компонентом майбутнього покоління джерел, які використовуються для виробництва енергії, незважаючи на те, що це ще не широко використовується. Це єдине джерело енергії, яке більше залежить від дії Місяця, ніж від дії Сонця, слід також зазначити, що припливи можна передбачити легше, ніж вітер. Приблизно близько 20 локацій існують на планеті, де створюються необхідні умови для ефективного використання енергії припливів. Атлантичне узбережжя Франції, Великої Британії, Сполучених Штатів Америки, Канади, і східний Китай – лише деякі з місць, які підпадають під цю категорію [37].

Португалія, Шотландія, і Велика Британія – це три європейські країни, які вже мають програми для видобутку цього альтернативного ресурсу. Сила, створена океаном і його хвилями, може використовуватись різними способами, включаючи виробництво електроенергії, процес опріснення, заповнення водою великих водойм [38]. Ця нова технологія включатиме використання плавучого гаджета, схожого на буй, який розміщено на поверхні води. Виробництво цього виду енергії стає більш складним через те, що обставини, за яких це відбувається, унеможливають прогноз шляху, яким пройдуть хвилі [39]. Подивившись на сучасний ландшафт енергії припливів і океанів, а особливо безперервного розвитку технологій, стає зрозуміло, що скоріше, ніж пізно, цей тип відновлюваних і зелених ресурсів буде використовуватися у більших масштабах найближчим часом.

Такі види відновлюваних ресурсів стануть основою для нової промислової революції, яка буде зосереджена на океанах і морях та індустріалізації цих ресурсів.

Більш детальне вивчення впливу на соціальну, економічну та екологічну стійкість необхідне для повного розуміння наслідків заохочення та зростання морської відновлюваної енергії, що вимагатиме переосмислення планування розвитку морських районів.

- *Біомаса*

Органічний матеріал рослин і тварин, наприклад врожай, дерева та брукхт деревини, використовується для виробництва енергії з біомаси. Спалювання цієї біомаси виробляє тепло, який приводить в дію парогенератор і виробляє електроенергію [40]. Газифікація – це інший широко використовуваний процес, який перетворює біомасу в енергію для виробництва тепла та електроенергії. Ці процеси є важливими для заміни невідновлюваних джерел енергії. Хоча біомаса справді може бути відновлюваною, якщо її отримують екологічно, є численні ситуації, в яких це не є зеленою або чистою енергією. Біомаса з дерев може мати негативний вплив на біорізноманіття та виробляє більше викидів вуглекислого газу, ніж викопне паливо [41].

Проте, використання біомаси в поєднанні з іншими відновлюваними джерелами енергії може допомогти в забезпеченні зеленого світу, в якому зростають енергетичні потреби.

- *Біопаливо*

Ці органічні ресурси можна перетворити на паливо, таке як етанол і біодизель замість спалювання біомаси. До 2050 року передбачається, що використання біопалива зможе задовольнити понад 25% світового попиту на транспортне паливо порівняно з лише 2,7% у 2010 році. Вважається, що у низці позитивних результатів використання біопалива можуть бути, такі як підвищення стійкості, зменшення викидів парникових газів та більш надійне енергопостачання [42].

Крім того, значно зменшується кількість токсичних та інших викидів, які мають бути негорючим, невибуховим, біологічно розкладаним і нетоксичним. Переваги використання біодизеля як дизельного палива включають його транспортабельність, доступність, відновлюваність, вищу ефективність згорання,

менший вміст сірки та ароматичних речовин, вищий відсоток цетанового числа, і підвищена здатність до біологічного розкладання. Крім того, біодизель має вище цетанове число, ніж традиційне дизельне паливо [42].

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Таким чином, основними напрямками стратегічного розвитку «зеленої» енергетики є розвиток генерації енергії з відновлюваних зелених джерел з нульовим або мінімальним впливом на навколишнє середовище є сонце, вітер, гідроелектроенергія, геотермальна енергія, енергія припливів і океанів, біомаса та біопаливо. Найдешевшим і екологічним джерелом енергії є відновлювана енергія, оскільки її можна виробляти усередині країни це мінімізує попит на імпорт енергоносіїв. Останніми роками відновлювана зелена енергетика продовжувала свою тенденцію до зниження через труднощі в ланцюжку постачання, в той же час підвищення цін викопні джерела енергії ще не повністю показало свій вплив на вартість проектів зеленої енергетики.

Література

1. Gielen, D.; Boshell, F.; Saygin, D.; Bazilian, M.D.; Wagner, N.; Gorini, R. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Rev.* 2019, 24, 38–50.
2. Salvarli, M.S.; Salvarli, H. For sustainable development: Future trends in renewable energy and enabling technologies. In *Renewable Energy-Resources, Challenges and Application*; Al Qubeissi, M., El-kharouf, A., Soyhan, H.S., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2020
3. Kaygusuz, K. Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 1116–1126.
4. Papadis, E.; Tsatsaronis, G. Challenges in the decarbonization of the energy sector. *Energy* 2020, 205, 118025.
5. Dincer, I. Environmental impacts of energy. *Energy Policy* 1999, 27, 845–854.
6. Midilli, A.; Dincer, I.; Ay, M. Green energy strategies for sustainable development. *Energy Policy* 2006, 34, 3623–3633.
7. Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y.; Seyboth, K.; Kadner, S.; Zwickel, T.; Eickemeier, P.; Hansen, G.; Schlomer, S.; von Stechow, C.; et al. (Eds.) *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2011.
8. Lima, M.A.; Mendes, L.F.R.; Mothé, G.A.; Linhares, F.G.; de Castro, M.P.P.; Da Silva, M.G.; Sthel, M.S. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. *Environ. Dev.* 2020, 33, 100504.
9. Huesemann, M.H. The limits of technological solutions to sustainable development. *Clean. Technol. Environ. Policy* 2003, 5, 21–34.
10. Ji, Q.; Zhang, D. How much does financial development contribute to renewable energy growth and upgrading of energy structure in China? *Energy Policy* 2019, 128, 114–124.
11. Munro, F.R. Renewable energy and transition-periphery dynamics in Scotland. *Environ. Innov. Soc. Transit.* 2019, 31, 273–281.
12. Bollmann, M.; Bosch, T.; Colijn, F.; Ebinghaus, R.; Froese, R.; Guessow, K.; Khalilian, S.; Krastel, S.; Koertinger, A.; Lagenbuch, M.; et al. *World Ocean Review 2010: Living with the Oceans*; Gelpke, N., Visbeck, M., Eds.; Mare: Hamburg, Germany, 2010; 234p.
13. UNDP (2015) What are the Sustainable Development Goals? – URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
14. Pacesila, M.; Burcea, S.G.; Colesca, S.E. Analysis of renewable energies in European Union. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 56, 156–170.
15. IIGCC—The Institutional Investors Group on Climate Change. The Impact of Russia's Invasion of Ukraine for the Energy Transition. 2022. Available online: <https://www.iigcc.org/news/the-impact-of-russias-invasion-of-ukraine-for-the-energytransition/>
16. Masini, A.; Menichetti, E. Investment decisions in the renewable energy sector: An analysis of non-financial drivers. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2013, 80, 510–524.
17. Owusu, P.A.; Asumadu-Sarkodie, S. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Eng.* 2016, 3, 1167990.
18. Androniceanu, A.; Popescu, C.R. An Inclusive Model for an Effective Development of the Renewable Energies Public Sector. *Adm. Si Manag. Public* 2017, 28, 81–96.
19. Jacobsson, S.; Lauber, V. The politics and policy of energy system transformation—Explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy* 2006, 34, 256–276.
20. Solangi, K.H.; Islam, M.R.; Saidur, R.; Rahim, N.A.; Fayaz, H. A review on global solar energy policy. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2011, 15, 2149–2163.

21. Aized, T.; Shahid, M.; Bhatti, A.A.; Saleem, M.; Anandarajah, G. Energy security and renewable energy policy analysis of Pakistan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 84, 155–169.
22. Su, C.W.; Khan, K.; Umar, M.; Zhang, W. Does renewable energy redefine geopolitical risks? *Energy Policy* 2021, 158, 112566.
23. Mohsin, M.; Kamran, H.W.; Nawaz, M.A.; Hussain, M.S.; Dahri, A.S. Assessing the impact of transition from nonrenewable to renewable energy consumption on economic growth-environmental nexus from developing Asian economies. *J. Environ. Manag.* 2021, 284
24. Qayyum, M.; Ali, M.; Nizamani, M.M.; Li, S.; Yu, Y.; Jahanger, A. Nexus between financial development, renewable energy consumption, technological innovations and CO₂ emissions: The case of India. *Energies* 2021, 14, 4505.
25. Mastrocinque, E.; Ramírez, F.J.; Honrubia-Escribano, A.; Pham, D.T. An AHP-based multi-criteria model for sustainable supply chain development in the renewable energy sector. *Expert Syst. Appl.* 2020, 150
26. Baars, J.; Domenech, T.; Bleischwitz, R.; Melin, H.E.; Heidrich, O. Circular economy strategies for electric vehicle batteries reduce reliance on raw materials. *Nat. Sustain.* 2021, 4, 71–79.
27. Bogdanov, D.; Farfan, J.; Sadovskaia, K.; Aghahosseini, A.; Child, M.; Gulagi, A.; Solomon-Oyewo, A.; Barbosa, L.S.N.S.; Breyer, C. Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps. *Nat. Commun.* 2019, 10, 1–16.
28. Zakeri, B.; Paulavets, K.; Barreto-Gomez, L.; Echeverri, L.G.; Pachauri, S.; Boza-Kiss, B.; Zimm, C.; Rogelj, J.; Creutzig, F.; Ürge-Vorsatz, D.; et al. 2022. Pandemic, War, and Global Energy Transitions. *Energies* 2022
29. Tsagarakis, K.P.; Mavragani, A.; Jurelionis, A.; Prodan, I.; Andrian, T.; Bajare, D.; Korjakins, A.; Magelinskaite-Legkauskiene, T.; Razvan, V.; Stasiuliene, L. Clean vs. green: Redefining renewable energy. Evidence from Latvia, Lithuania, and Romania.
30. WI. What Is Green Energy? (Definition, Types and Examples). 2022. Available online: <https://www.twi-global.com/technicalknowledge/faqs/what-is-green-energy>
31. Thomé, A.M.T.; Ceryno, P.S.; Scavarda, A.; Remmen, A. Sustainable infrastructure: A review and a research agenda. *J. Environ. Manag.* 2016, 184, 143–156.
32. Kattel, G.R.; Shang, W.; Wang, Z.; Langford, J. China's south-to-north water diversion project empowers sustainable water resources system in the north. *Sustainability* 2019
33. Zamfir, A.; Colesca, S.E.; Corbos, R.A. Public policies to support the development of renewable energy in Romania: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 87–106.
34. Pratiwi, S.; Juerges, N. Review of the impact of renewable energy development on the environment and nature conservation in Southeast Asia. *Energy Ecol. Environ.* 2020
35. Gupta, S.; Manwal, M.; Tomer, V. Estimation of Wind Speed Using Machine Learning Algorithms. In *Soft Computing: Theories and Applications*; Springer: Singapore, 2022; pp. 41–48.
36. Nengroo, S.H.; Jin, H.; Lee, S. Management of Distributed Renewable Energy Resources with the Help of a Wireless Sensor Network. *Appl. Sci.* 2022
37. Andrijevic, M.; Schleussner, C.F.; Gidden, M.J.; McCollum, D.L.; Rogelj, J. COVID-19 recovery funds dwarf clean energy investment needs. *Science* 2020, 370, 298–300.
38. Shen, G.; Xiong, R.; Tian, Y.; Luo, Z.; Jiangtulu, B.; Meng, W.; Du, W.; Meng, J.; Chen, Y.; Xue, B.; et al. Substantial transition to clean household energy mix in rural China. *Natl. Sci. Rev.* 2022
39. Allied Market Research. Renewable Energy Market by Type. 2021. Available online: <https://www.alliedmarketresearch.com/renewable-energy-market>
40. Grand View Research. Hybrid Solar Wind Systems Market Size, Share Report 2020–2027. 2020. Available online: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hybrid-solar-wind-systems-market>
41. Babaremu, K.; Olumba, N.; Chris-Okoro, I.; Chuckwuma, K.; Jen, T.C.; Oladijo, O.; Akinlabi, E. Overview of Solar–Wind Hybrid Products: Prominent Challenges and Possible Solutions. *Energies* 2022
42. Kaygusuz, K. Energy for Sustainable Development: Key Issues and Challenges. *Energy Sources Part B Econ. Plan. Policy* 2007,

References

1. Gielen, D.; Boshell, F.; Saygin, D.; Bazilian, M.D.; Wagner, N.; Gorini, R. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Rev.* 2019, 24, 38–50.
2. Salvarli, M.S.; Salvarli, H. For sustainable development: Future trends in renewable energy and enabling technologies. In *Renewable Energy-Resources, Challenges and Application*; Al Qubeissi, M., El-kharouf, A., Soyhan, H.S., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2020
3. Kaygusuz, K. Energy for sustainable development: A case of developing countries. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2012, 16, 1116–1126.
4. Papadis, E.; Tsatsaronis, G. Challenges in the decarbonization of the energy sector. *Energy* 2020, 205, 118025.
5. Dincer, I. Environmental impacts of energy. *Energy Policy* 1999, 27, 845–854.
6. Midilli, A.; Dincer, I.; Ay, M. Green energy strategies for sustainable development. *Energy Policy* 2006, 34, 3623–3633.
7. Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y.; Seyboth, K.; Kadner, S.; Zwickel, T.; Eickemeier, P.; Hansen, G.; Schlomer, S.; von Stechow, C.; et al. (Eds.) *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2011.

8. Lima, M.A.; Mendes, L.F.R.; Mothé, G.A.; Linhares, F.G.; de Castro, M.P.P.; Da Silva, M.G.; Stiel, M.S. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. *Environ. Dev.* 2020, 33, 100504.
9. Huesemann, M.H. The limits of technological solutions to sustainable development. *Clean. Technol. Environ. Policy* 2003, 5, 21–34.
10. Ji, Q.; Zhang, D. How much does financial development contribute to renewable energy growth and upgrading of energy structure in China? *Energy Policy* 2019, 128, 114–124.
11. Munro, F.R. Renewable energy and transition-periphery dynamics in Scotland. *Environ. Innov. Soc. Transit.* 2019, 31, 273–281.
12. Bollmann, M.; Bosch, T.; Colijn, F.; Ebinghaus, R.; Froese, R.; Guessow, K.; Khalilian, S.; Krastel, S.; Koertzing, A.; Lagenbuch, M.; et al. *World Ocean Review 2010: Living with the Oceans*; Gelpke, N., Visbeck, M., Eds.; Mare: Hamburg, Germany, 2010; 234p.
13. UNDP (2015) What are the Sustainable Development Goals? – URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>
14. Pacesila, M.; Burcea, S.G.; Colesca, S.E. Analysis of renewable energies in European Union. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 56, 156–170.
15. IIGCC—The Institutional Investors Group on Climate Change. The Impact of Russia’s Invasion of Ukraine for the Energy Transition. 2022. Available online: <https://www.iigcc.org/news/the-impact-of-russias-invasion-of-ukraine-for-the-energytransition/>
16. Masini, A.; Menichetti, E. Investment decisions in the renewable energy sector: An analysis of non-financial drivers. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 2013, 80, 510–524.
17. Owusu, P.A.; Asumadu-Sarkodie, S. A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. *Cogent Eng.* 2016, 3, 1167990.
18. Androniceanu, A.; Popescu, C.R. An Inclusive Model for an Effective Development of the Renewable Energies Public Sector. *Adm. Si Manag. Public* 2017, 28, 81–96.
19. Jacobsson, S.; Lauber, V. The politics and policy of energy system transformation—Explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy* 2006, 34, 256–276.
20. Solangi, K.H.; Islam, M.R.; Saidur, R.; Rahim, N.A.; Fayaz, H. A review on global solar energy policy. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2011, 15, 2149–2163.
21. Aized, T.; Shahid, M.; Bhatti, A.A.; Saleem, M.; Anandarajah, G. Energy security and renewable energy policy analysis of Pakistan. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 84, 155–169.
22. Su, C.W.; Khan, K.; Umar, M.; Zhang, W. Does renewable energy redefine geopolitical risks? *Energy Policy* 2021, 158, 112566.
23. Mohsin, M.; Kamran, H.W.; Nawaz, M.A.; Hussain, M.S.; Dahri, A.S. Assessing the impact of transition from nonrenewable to renewable energy consumption on economic growth-environmental nexus from developing Asian economies. *J. Environ. Manag.* 2021, 284
24. Qayyum, M.; Ali, M.; Nizamani, M.M.; Li, S.; Yu, Y.; Jahanger, A. Nexus between financial development, renewable energy consumption, technological innovations and CO2 emissions: The case of India. *Energies* 2021, 14, 4505.
25. Mastrocinque, E.; Ramírez, F.J.; Honrubia-Escribano, A.; Pham, D.T. An AHP-based multi-criteria model for sustainable supply chain development in the renewable energy sector. *Expert Syst. Appl.* 2020, 150
26. Baars, J.; Domenech, T.; Bleischwitz, R.; Melin, H.E.; Heidrich, O. Circular economy strategies for electric vehicle batteries reduce reliance on raw materials. *Nat. Sustain.* 2021, 4, 71–79.
27. Bogdanov, D.; Farfan, J.; Sadovskaia, K.; Aghahosseini, A.; Child, M.; Gulagi, A.; Solomon-Oyewo, A.; Barbosa, L.S.N.S.; Breyer, C. Radical transformation pathway towards sustainable electricity via evolutionary steps. *Nat. Commun.* 2019, 10, 1–16.
28. Zakeri, B.; Paulavets, K.; Barreto-Gomez, L.; Echeverri, L.G.; Pachauri, S.; Boza-Kiss, B.; Zimm, C.; Rogelj, J.; Creutzig, F.; Ürge-Vorsatz, D.; et al. 2022. Pandemic, War, and Global Energy Transitions. *Energies* 2022
29. Tsagarakis, K.P.; Mavragani, A.; Jurelionis, A.; Prodan, I.; Andrian, T.; Bajare, D.; Korjakins, A.; Magelinskaite-Legkauskienė, T.; Razvan, V.; Stasiulienė, L. Clean vs. green: Redefining renewable energy. Evidence from Latvia, Lithuania, and Romania.
30. WI. What Is Green Energy? (Definition, Types and Examples). 2022. Available online: <https://www.twi-global.com/technicalknowledge/faqs/what-is-green-energy>
31. Thomé, A.M.T.; Ceryno, P.S.; Scavarda, A.; Remmen, A. Sustainable infrastructure: A review and a research agenda. *J. Environ. Manag.* 2016, 184, 143–156.
32. Kattel, G.R.; Shang, W.; Wang, Z.; Langford, J. China’s south-to-north water diversion project empowers sustainable water resources system in the north. *Sustainability* 2019
33. Zamfir, A.; Colesca, S.E.; Corbos, R.A. Public policies to support the development of renewable energy in Romania: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 87–106.
34. Pratiwi, S.; Juerges, N. Review of the impact of renewable energy development on the environment and nature conservation in Southeast Asia. *Energy Ecol. Environ.* 2020
35. Gupta, S.; Manwal, M.; Tomer, V. Estimation of Wind Speed Using Machine Learning Algorithms. In *Soft Computing: Theories and Applications*; Springer: Singapore, 2022; pp. 41–48.
36. Nengroo, S.H.; Jin, H.; Lee, S. Management of Distributed Renewable Energy Resources with the Help of a Wireless Sensor Network. *Appl. Sci.* 2022
37. Andrijevic, M.; Schleussner, C.F.; Gidden, M.J.; McCollum, D.L.; Rogelj, J. COVID-19 recovery funds dwarf clean energy investment needs. *Science* 2020, 370, 298–300.
38. Shen, G.; Xiong, R.; Tian, Y.; Luo, Z.; Jiangtulu, B.; Meng, W.; Du, W.; Meng, J.; Chen, Y.; Xue, B.; et al. Substantial transition to clean household energy mix in rural China. *Natl. Sci. Rev.* 2022
39. Allied Market Research. Renewable Energy Market by Type. 2021. Available online: <https://www.alliedmarketresearch.com/renewable-energy-market>
40. Grand View Research. Hybrid Solar Wind Systems Market Size, Share Report 2020–2027. 2020. Available online: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/hybrid-solar-wind-systems-market>
41. Babaremu, K.; Olumba, N.; Chris-Okoro, I.; Chuckwuma, K.; Jen, T.C.; Oladijo, O.; Akinlabi, E. Overview of Solar–Wind Hybrid Products: Prominent Challenges and Possible Solutions. *Energies* 2022
42. Kaygusuz, K. Energy for Sustainable Development: Key Issues and Challenges. *Energy Sources Part B Econ. Plan. Policy* 2007