

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА**

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

***Кафедра соціально-економічної географії і регіоналістики імені
Костянтина Нємця***

До захисту допустити

Завідувач кафедри _____ Людмила НЕМЕЦЬ

« _____ » _____ 2024 р.

**ЕКОНОМІКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА
ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ СВІТУ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконала: студентка 4 курсу, групи ГЕ-41
спеціальності 106. Географія, ОПП « Економічна,
соціальна географія та регіональний розвиток»

Булгакова Альбіна Романівна

Науковий керівник:

к. геогр. н., доцент Гусєва Наталія Володимирівна

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК Тарас ПОГРЕБСЬКИЙ

Секретар ЕК Олена ПЕДЬ

« _____ » _____ 2024 р.

Харків – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ.....	6
1.1. Відновлювальна енергетика як галузь енергетики: сутність, особливості.....	6
1.2. Структура відновлювальної енергетики	9
1.3. Переваги і недоліки відновлювальної енергетики	12
1.3.1. Вітроенергетика.....	12
1.3.2. Сонячна енергетика (геліоенергетика).....	13
1.3.3. Гідроенергетика.....	14
1.3.4. Геотермальна енергетика.....	14
1.3.5. Виробництво енергії з біомаси.....	15
1.4. Методи дослідження відновлювальної енергетики	16
РОЗДІЛ 2. ФАКТОРИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ СВІТУ.....	19
2.1. Фактори розвитку гідроенергетики.....	20
2.2. Фактори розвитку сонячної енергетики.....	24
2.3. Фактори розвитку вітрової енергетики.....	27
2.4. Фактори розвитку інших галузей відновлювальної енергетики.....	28
РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ СВІТУ.....	34
3.1. Місце відновлювальної енергетики в світовій енергетиці.....	34
3.2. Структурно-динамічні особливості відновлювальної енергетики світу.....	37
3.3. Регіональні особливості відновлювальної енергетики світу.....	41
3.3.1. Європа та країни ЄС.....	47
3.3.2. Країни Азії та їх успіхи в відновлювальній енергетиці.....	50
3.3.3. Австралія.....	56

3.3.4. Північна і Латинська Америка.....	57
3.3.5. Країни Африки.....	61
3.4. Проблеми і перспективи розвитку відновлювальної енергетики світу.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ВСТУП

Актуальність дослідження. Після промислової революції в енергетичному балансі більшості країн світу домінували викопні види палива. Стрімкий розвиток суспільства призвів до глобальної зміни ставлення людства до енергії. Медико-екологічні проблеми (глобальне потепління і значне забруднення повітря, що обумовило виникнення цілої низки захворювань, від яких щороку передчасно помирає щонайменше 5 млн. осіб) та виснаження традиційних викопних видів палива ставлять перед суспільством проблему пошуку низьковуглецевих джерел енергії, зокрема відновлюваних джерел – гідроенергії, сонячної енергії, енергії вітру, геотермальної енергії, енергії хвиль, припливів і відливів, енергії біопалива.

Об'єктом дослідження є відновлювальна енергетика. **Предметом дослідження** є економіко-географічні особливості відновлювальної енергетики світу.

Мета дослідження полягає в проведенні комплексної економіко-географічної характеристики відновлювальної енергетики світу, зокрема виявленні структурно-динамічних і регіональних її особливостей.

Відповідно до вище зазначеної мети було поставлені наступні **завдання**:

- розкрити теоретико-методичні основи дослідження відновлювальної енергетики, зокрема, розглянути відновлювальну енергетику як галузь енергетики, визначити структуру, переваги і недоліки галузі, методи дослідження;
- оцінити фактори розвитку окремих галузей відновлювальної енергетики світу;
- визначити місце відновлювальної енергетики в світовій енергетиці;
- виявити структурно-динамічні і регіональні особливості відновлювальної енергетики світу;
- визначити проблеми і перспективи розвитку відновлювальної енергетики світу.

Інформаційна база дослідження. В ході проведення бакалаврського дослідження були використані інформаційні і статистичні матеріали міжнародних та регіональних організацій (Eurostat, Our World in data, World Economic Forum, World Bank in data тощо), в тому числі енергетичних організацій (Center for climate and energy solutions, Enerdata, Energy Institute International, Energy Agency, Nordic Energy Research, Ember, Energy Market Authority тощо). Важливим джерелом інформації стали рекомендації та звіти Європейської ради з альтернативних джерел енергії, Світового банку, Організації Об'єднаних Націй, Грінпіс, Організації економічного співробітництва та розвитку та деяких інших організацій; інформаційні ресурси з мережі Інтернет; наукові та навчально-методичні видання, розміщені на сайтах центральних бібліотек провідних закладів вищої освіти України, в тому числі Центральної бібліотеки Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження були апробовані на міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Регіон – 2024: суспільно-географічні аспекти», яка проходила 4 квітня 2024 року на базі кафедри соціально-економічної географії і регіоназнавства імені Костянтина Немця Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. В збірнику матеріалів конференції опублікована стаття на тему «Відновлювальна електроенергетика світу: деякі суспільно-географічні аспекти» [48].

Обсяг і структура роботи. Загальний обсяг роботи становить 77 сторінок основного тексту. Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків і списку використаних джерел (63 найменування).

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

1.1. Відновлювальна енергетика як галузь енергетики: сутність, особливості

В сучасній науковій та спеціалізованій літературі можна зустріти різні поняття, пов'язані з використанням низьковуглецевих джерел енергії – відновлювальна енергетика, низьковуглецева енергетика, зелена енергетика, альтернативна енергетика, нетрадиційна енергетика тощо.

Відновлювальна енергетика – це

система виробництва енергії, яка використовує природні ресурси, що поновлюються в часі. Основною характеристикою, яка відрізняє традиційну енергетику від відновлювальної, є її швидке відновлення, тоді як традиційні ресурси відновлюються тисячоліттями. Перехід на відновлювальну енергетику є важливим кроком для людства, особливо в умовах, коли традиційні ресурси дуже швидко вичерпуються [10];

сукупність технологій, спрямованих на виробництво енергії з постійних або короткочасних відновлювальних природних ресурсів. Дані джерела включають біомасу, сонячну, гідро та енергію вітру;

галузь, яка використовує постійно поновлювальні природні ресурси для виробництва енергії. Основними джерелами є сонячна, вітрова, гідро-, тепла енергія та біомаса. Ці джерела енергії характеризуються необмеженою доступністю та низьким впливом на навколишнє середовище.

Основна суть відновлювальної енергетики – її стратегічний перехід до сталого виробництва чистої енергії. Цей перехід враховує потреби сучасного суспільства і має на меті не лише задоволення поточних потреб, а й забезпечення умов для збереження екологічної цілісності планети та якості життя майбутніх поколінь. Відновлювальна енергетика є фактором створення нових систем, які не

тільки не шкодять, а й сприяють збереженню і відновленню навколишнього середовища та захисту навколишніх екосистем. Однією з важливих характеристик є її здатність використовувати природні джерела, які безперервно поповнюються і не обмежені ані в масштабах, ані в часі, на відміну від джерел, видобуток яких обмежений [10]. Це ключова особливість, яка виділяє відновлювальну енергетику серед інших та проявляється в її здатності забезпечувати доступною, стабільною та екологічно чистою енергією протягом тривалого часу.

Головною перевагою відновлювальної енергетики є практично повна відсутність забруднюючого впливу на навколишнє середовище. Використання відновлювальних джерел зменшує викиди парникових газів та речовин, шкідливих для середовища. Постійно доступні джерела, такі як вітер та сонячна енергія, забезпечують енергетичну безпеку та незалежність. Важливим аспектом є постійне створення нових технологій і проектів та нових робочих місць у галузі. В той же час, слід вказати і на проблеми та недоліки відновлювальної енергетики. Мова йде про нестабільність енергії, високі початкові витрати та обмежені можливості зберігання, що перешкоджає створенню масштабних проектів у цій галузі [1; 6; 13].

Згідно Закону України «Про альтернативні джерела енергії», **альтернативна енергетика** – це сфера енергетики, що забезпечує вироблення електричної, теплової та механічної енергії з альтернативних джерел енергії. При цьому під **альтернативними джерелами енергії** розуміються відновлювальні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний гази, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів (рис. 1.1) [18].

Альтернативна енергетика – це сектор енергетики, в якому досліджуються та розвиваються методи і технології виробництва енергії,



Рис. 1.1. Узагальнена структура функціонування альтернативної енергетики [6]

відмінні від традиційних (вугілля, нафти, газу). Основна увага приділяється більш екологічним і стійким джерелам енергії.

Зелена енергетика визначається як сектор енергетики, заснований на чистих джерелах з низьким впливом на навколишнє середовище. Основна ідея – заміна традиційних джерел більш стійкими. Вона охоплює не тільки альтернативні джерела енергії, але й більший спектр технологій і стратегій, спрямованих на зниження впливу виробництва енергії на навколишнє середовище. Включає також енергетичні технології, що використовують низькоемісійне паливо, зокрема біогаз і технології зберігання вуглецю [8].

Найважливішою особливістю зеленої енергетики є взаємодія з концепцією сталого розвитку, що означає узгодження всіх поточних проблем з майбутніми потребами протягом декількох наступних сотень років. Вона включає стратегії енергозбереження, що сприяють ефективному використанню технологій у різноманітних галузях промисловості.

В той же час важливо знати, що даний тип енергетики включає деякі елементи, які не є повністю поновлювальними. Мова йде, зокрема, про технології спалювання відходів та ядерну енергетику. Вони позитивно впливають на навколишнє середовище. Але управління відходами є, було і

залишається проблемним питанням, а з ядерною енергетикою пов'язані серйозні проблеми безпеки, оскільки вона може бути використана як зброя масового знищення на великих відстанях.

Пріоритетами зеленої енергетики є впровадження та інтенсивний розвиток технологічних інновацій, зокрема розумних мереж та систем зберігання. Зелена енергетика сприяє створенню багатьох робочих місць в області досліджень, виробництва і розробок нових технологій. Важливість переходу на зелену енергетику полягає в тому, що вона відкриває перед суспільством багато можливостей на ринку праці та економічному зростанні. Зелена енергетика, з акцентом на інновації та енергозбереження, забезпечує комплексний підхід до вирішення питань розвитку та збалансованого використання енергетичних ресурсів [16].

1.2. Структура відновлювальної енергетики

Сучасна енергетика базується головним чином на невідновлюваних джерелах енергії, які є комплексними і не можуть гарантувати довгостроковий стійкий розвиток світової енергетики. Традиційна енергетика є основним фактором, що призводить до деградації середовища та його кризового стану. Враховуючи це, більшого значення набувають відновлювальні джерела енергії, зокрема сонячна, вітрова, геотермальна, гідроелектрична, припливна, хвильова, енергія океанських течій, біомаса тощо (рис. 1.2).

Енергія, яка знаходиться в природних джерелах і в результаті їх використання перетворюється на електричну, теплову, механічну і хімічну енергію називається *первинною енергією*. Енергія, що виділяється в ході технологічного процесу і використання якої не обов'язково для здійснення цього процесу, називається *вторинною* (рис. 1.3-1.4).

Відновлювальна енергетика, з одного боку, є важливою складовою світового паливно-енергетично комплексу та електроенергетики (рис. 1.5-1.6), а з іншого – охоплює всю промислову систему, список якої має тенденцію розширюватися з розвитком науково-технічного прогресу (рис. 1.7).

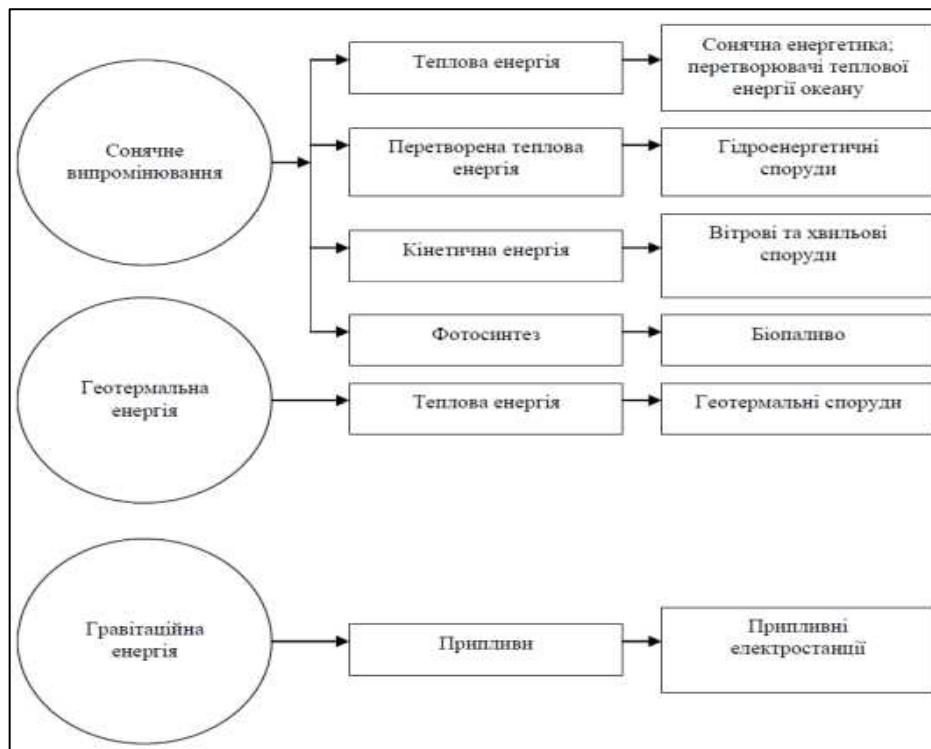


Рис. 1.4. Утворення вторинних джерел енергії [4]



Рис. 1.5. Структура паливно-енергетичного комплексу та місце відновлювальної енергетики в ньому [22]



Рис. 1.6. Структура електроенергетики та місце відновлювальної енергетики в ній [23]

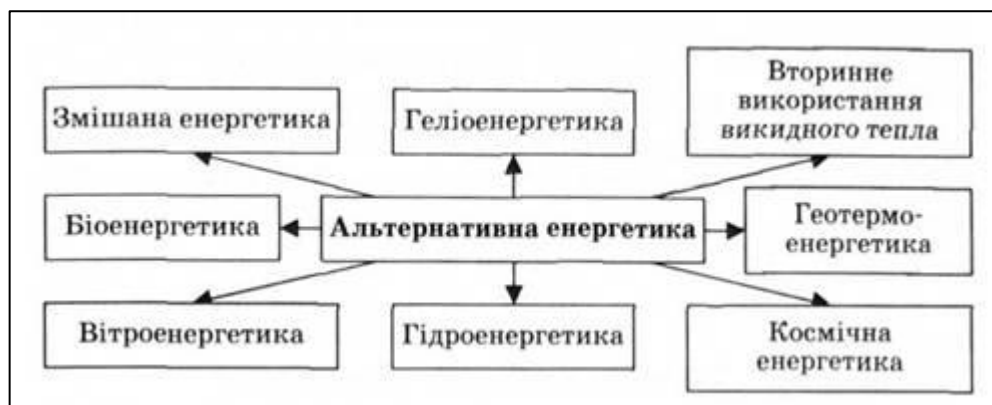


Рис. 1.7. Структура альтернативної енергетики [24]

Енергетичний сектор знаходиться в центрі глобального переходу, який сприятиме використанню змінних відновлювальних джерел енергії та електрифікації кінцевих споживачів. Дуже важливо, щоб структура енергосистеми розвивалася відповідно до вимог часу низьковуглецевої енергетики.

1.3. Переваги і недоліки відновлювальної енергетики

Розглянемо особливості, обмеження та переваги найголовніших галузей відновлювальної енергетики [9].

1.3.1. Вітроенергетика. Низька щільність вітру, значна залежність енергії вітру від перешкод і природних умов, а також відсутність розроблених методів оптимізації ключових параметрів будуть перешкоджати широкому використанню вітроенергетики та самих вітрогенераторів. Серед інших недоліків вітрових турбін слід відзначити високий рівень шуму і високі вібраційні навантаження. Через це не бажано та не рекомендується встановлювати вітрові турбіни на близькій відстані від житлових будинків. Є й інші способи використання енергії вітру – перетворення її в тепло для обігріву споруд і будівель. Даний метод значно спрощує схеми підключення і контролю вітрогенераторів. Вища вартість виробництва енергії з вітрових турбін (особливо офшорних), обумовлена більшими витратами на одиницю потужності порівнюючи з традиційними електростанціями. У випадку з наземними

вітровими електростанціями, найбільша капітальна витрата стосується виробництва, транспортування та встановлення турбін, але у випадку офшорних вітрових електростанцій більша частина загальних капітальних витрат відноситься до дозвільних процедур та підключення до електромереж. Це обумовлено більш складним регулюванням використання офшорних зон та технічними труднощами [17; 14].

1.3.2. Сонячна енергетика (геліоенергетика). Велика кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі всього за один тиждень, перевищує енергію всіх світових запасів викопних копалин разом узятих, і тому розвиток геліоенергетики в довгостроковій перспективі є достатньо пріоритетним. Але на практиці існує бар'єр, який заважає зростанню ринку геліоенергетики. Мова йде про економічний бар'єр – достатньо високі ціна сонячних систем та термін їх амортизації; відсутність конкретних механізмів сприяння розвитку виробництва у вигляді податків, субсидій, пільгових тарифних політик тощо (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Переваги та недоліки сонячної енергетики (складено за [20 ; 23])

Переваги	Недоліки
- загальнодоступні та невичерпні ресурси; - екологічно та біологічно безпечні, не забруднюють навколишнє середовище; - фотоелектричні перетворювачі не мають рухомих частин; - обслуговування фотоелектричних установок не вимагає високого рівня кваліфікації; - тривалий термін служби фотоелектричних установок; - модульний принцип (можна встановлювати різні системи перетворювачів); - автономність енергопостачання (підходить для індивідуальних споживачів); - експлуатаційні витрати більшості фотоелектричних станцій мінімальні.	- залежить від часу доби та погодних умов; - потребує накопичення енергії; - високі капітальні витрати через використання в сонячних панелях рідкісних елементів, таких як індій і телур; - нагрівання повітря над електростанцією; - перехід сонячної енергетики на промисловий рівень може змінити клімат через зміну відбивної здатності Землі (теорія альbedo); - сонячні панелі є дорогими у будівництві і потребують багато часу для відновлення виробленої енергії; - потоки сонячного випромінювання розсіяні і потребують концентрації; - економічні та технічні енергетичні об'єкти залежать від географічного розташування; - недостатня ефективність сонячних елементів; - використання екологічно шкідливих речовин у виробництві сонячних батарей

1.3.3. Гідроенергетика. Головною перевагою малої гідроенергетики є те, що вона не залежить від погоди і в будь-яку пору року забезпечує вироблення енергії (табл. 1.2) [9].

Таблиця 1.2

Переваги та недоліки гідроенергетики (складено за [9])

Переваги	Недоліки
– невичерпне джерело енергії; – економить паливо; – знижує забруднення навколишнього середовища; – дешева енергія	– будівництво займає декілька десятків років; – дороговартісне будівництво ГЕС; – можливе ефективне будівництво гідроелектростанцій тільки в небагатьох районах; – створює велике водосховище, що веде до затоплення цінних земель

1.3.4. Геотермальна енергетика. В даний момент геотермальні водні ресурси займають не більше одного відсотка всіх підземних теплових запасів світу. Найбільш перспективним в даній області є ділянки, на яких температура підвищується з глибиною, а завдяки осадовим гірським породам є можливість витягувати з тріщин велику кількість пари і гідротермальної води. Аналіз використання гідротермальних вод дозволяє припустити, що дані води можуть використовуватися для підігріву води та опалення в промислових, комунальних, сільськогосподарських об'єктах, а також для вилучення хімічних компонентів для технічних цілей (табл. 1.3).

Таблиця 1.3

Переваги та недоліки геотермальної енергетики (складено за [24])

Переваги	Недоліки
- геотермальну енергію можна отримувати з джерел тепла з достатньою температурою; - найефективнішим способом використання геотермальної енергії є поєднання виробництва теплової та електричної енергії	- низька термодинамічна якість; - необхідність використання тепла поблизу місця видобутку; - витрати на будівництво свердловинних конструкцій зростають з глибиною; - відсутність транспортних можливостей; - концентрація джерел тепла в декількох місцях; - обмежений промисловий досвід експлуатації установок

1.3.5. Виробництво енергії з біомаси. До основних переваг біомаси відносять:

- альтернативні джерела енергії;
- різноманітність біомаси, придатної для переробки, енергозбереження, енергетичної екологічності;
- легко і дешево переносити та легко зберігати;
- доступність (у більшій частині земель, крім пустель і полярних зон);
- не вимагає великих економічних вкладень;
- велика кількість біомаси є у відходах виробництва (тріска, зерно, солома, тощо);
- біомаса поглинається такою ж кількістю вуглецю;
- переробка біомаси і виробництво енергії з біомаси можуть використовувати те ж саме обладнання, що і для звичайних твердих мінералів;
- використання території для джерел біомаси менше залежить від ресурсів Землі;
- енергія біомаси має великий потенціал для скорочення викидів парникових газів.

Серед основних недоліків використання біомаси слід відзначити наступні: може стати джерелом парникових газів; масове вирощування рослин біопалива може виснажувати родючі землі і викликати голод у багатьох країнах третього світу [6].

Кожен вид відновлювальних джерел енергії має загальне обмеження, а саме специфічні характеристики розташування установок, що використовуються для виробництва енергії з даних джерел та їх перероблення. Їх в основному пов'язують з технічними аспектами виробництва енергії з низьковуглецевих джерел енергії. Більш універсальними в цьому сенсі є комплекси виробництва енергії з промислових та міських відходів, оскільки рівень відходів постійно зростає.

1.5. Методи дослідження відновлювальної енергетики

Методологія дослідження – це система методик і засобів, спрямованих на отримання нових знань, розуміння і пояснення явищ і процесів в тій чи іншій науковій сфері. В сфері відновлювальної енергетики використовуються різні загальнонаукові та конкретнонаукові методи, що сприяють аналізу, обробці й інтеграції системної інформації та розробці наукової основи для поліпшення використання низьковуглецевих джерел енергії.

Історичний підхід був використаний для аналізу розвитку відновлювальної енергетики в історичний період. Вивчення історії використання відновлювальних джерел дає можливість виявити важливі переломні моменти, етапи еволюції та їх взаємозв'язок із соціально-економічними змінами. Цей метод сприяв усвідомленню контексту та виявленню факторів, які вплинули на формування сучасного ландшафту відновлювальної енергетики.

Комплексний (інтегративний) підхід – це методологічний підхід до дослідження й аналізу, який використовує різні методи і підходи та враховує цілісність та взаємопов'язаність предмета дослідження. Цей підхід враховує різні аспекти і взаємодії між системними елементами досліджуваного явища. Використання інтегративного підходу дозволяє більш глибоко, повно і об'єктивно зрозуміти обраний об'єкт дослідження. Для більш повного і глибокого розуміння відновлювальної енергетики використовувалося поєднання різних методів і підходів. Такі наукові інструменти, як аналіз літератури, аналіз статистичних даних, системний та порівняльний аналіз, були використані для всебічної оцінки різних аспектів відновлювальної енергетики [5]. Комплексний підхід дозволив оцінити вплив відновлювальних джерел енергії з різних аспектів – технічних, економічних, соціально-культурних, екологічних, політичних. Це дозволило створити повну картину відновлювальної енергетики з урахуванням різноманітних взаємозв'язків і впливів у різних сферах суспільства.

Літературний аналіз – це аналіз інформації, отриманої з літературних джерел. Завдяки літературному аналізу було ретельно вивчено наукові джерела та публікації з теми дослідження. Для узагальнення та обробки різноманітної

інформації про технічні, економічні, географічні та екологічні аспекти відновлювальної енергетики використовувався **метод синтезу та аналізу інформації**. Цей метод дозволив сформулювати загальне поняття галузі та виявити взаємозв'язки між її складовими.

Методи аналізу та синтезу. Методи аналізу – це системні підходи до розгляду складних об'єктів і явищ, виявлення та розуміння їх структури, компонентів, взаємодій і характеристик. Цей метод передбачає детальне вивчення досліджуваних елементів для визначення їх ролі та внеску в загальний контекст. Метод аналізу в економіко-географічному контексті використовується для глибокого вивчення та аналізу різних аспектів глобальної енергетичної системи. Цей метод дозволяє визначити структуру та динаміку відновлювальної енергетики у світі, враховуючи економічні та географічні аспекти, такі як розташування, виробництво та споживання енергетичних установок.

Методи синтезу – це наукові підходи, спрямовані на створення нових знань, структур та розуміння шляхом об'єднання і синтезу наявних даних, концепцій та ідей. Синтетичні методи широко використовуються для розуміння глобального впливу відновлювальних джерел енергії на економіку та географію, для розробки концептуальних моделей розвитку, розуміння економічних та географічних характеристик світової відновлювальної енергетики. Синтетичні методи поєднують дані з різних джерел, наприклад статистичну інформацію, економічні звіти та географічні дані, щоб всебічно відображати зв'язок між різними факторами. Використовуючи цей метод, можна синтезувати дані про розташування установок відновлювальної енергії, їх економічні показники, споживання енергії та вплив на середовище, щоб зробити повну географічну та економічну картину відновлювальної енергетики в світі. Цей цілісний підхід забезпечує краще розуміння глобальних тенденцій та розвитку відновлювальної енергетики.

Графічний аналіз – це метод дослідження, який використовує графіки, діаграми, картосхеми, гістограми та інші візуальні засоби для відображення та ілюстрації числових даних, взаємозв'язків і тенденцій в об'єкті дослідження. Мета графічного аналізу – зробити інформацію більш доступною і зрозумілою,

а також швидко зрозуміти взаємозв'язки і закономірності в досліджуваних об'єктах. Використовуючи графічні інструменти, можна ефективно відображати, аналізувати та передавати складну інформацію. Цей метод використаний для візуалізації складних відносин і структур джерел енергії.

Метод узагальнення спрощує складні явища до загальних описів. Використаний для формування загальних моделей економіко-географічного розподілу відновлювальних джерел енергії, що забезпечує високий ступінь абстракції та узагальнення отриманих даних.

Типологічні методи – це методи типології і класифікації, які дозволяють виявляти, групувати та класифікувати об'єкти, що мають спільні характеристики, з метою продовження узагальнення та вивчення закономірностей. У контексті відновлювальної енергетики були використані типологічні методи класифікації різних регіонів і країн світу за ступенем розвитку та використання відновлювальних джерел енергії. Так, регіони і країни світу можна класифікувати за рівнем розвитку сонячної, вітрової та інших видів відновлювальної енергетики, наявністю необхідної для їх виробництва енергетичної інфраструктури та економічними показниками сектора відновлювальної енергетики.

РОЗДІЛ 2

ФАКТОРИ РОЗВИТКУ

ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ СВІТУ

Інтерес до низьковуглецевих джерел виник у сучасну епоху під час нафтової кризи 1970-х років, коли Організація країн-експортерів нафти (ОПЕК) підняла ціни в гонитві за своїми геополітичними цілями та ввела ембарго на нафту. Дефіцит нафти викликав катастрофічний колапс у транспортній системі – бензин різко виріс в ціні через підвищення цін на нафту в десятки разів. Нафтова криза негативно відобразилася на багатьох розвинених країнах, що підкреслило їх сильну залежність від іноземних поставок нафти і природного газу. У відповідь на нафтову кризу США перейшли з імпорту нафти і газу до власного видобування вугілля для електроенергії, а також були введені стандарти економічного використання палива для транспорту. Країни без великих запасів паливних ресурсів пішли шляхами збільшення атомної енергетики (Японія і Франція збільшили на 30 і 80 % відповідно), освоєння сонячної енергетики, вітрової і гідроенергетики (скандинавські країни), геотермальної енергетики (Ісландія), використання біомаси тощо. З падінням цін на нафту в 1980-х роках зацікавленість відновлювальними джерелами дещо знизилась через значні економічні і технологічні бар'єри в багатьох країнах. Повністю відійти від розвитку низьковуглецевої енергетики країнам світу не дали глобальні зміни клімату, які в цей час стали надто очевидними [18].

Отже, на сьогоднішній день ключовою передумовою розвитку низьковуглецевої енергетики є розуміння людством глобальних екологічних проблем, зокрема глобального потепління та забруднення навколишнього середовища, пов'язаних з традиційною енергетикою. Завдяки прогресу в даній сфері пропонується унікальна можливість для переходу на енергетичні рішення, які відрізняються від звичних нам джерел електроенергії та більше підходять для подальшого використання в майбутньому [1; 4]. Дана технологічна революція дає змогу ефективно використовувати енергію, що робить її

конкурентоспроможною на світовому енергетичному ринку та сприяє стійкому розвитку.

Важливим чинником розвитку відновлювальної енергетики стала геополітична нестабільність, викликана постійними спробами створення нового світового порядку і перерозподілу ресурсів, в першу чергу нафтових і газових. Війна за контроль над територіями повернулася до порядку денного в усіх світових ЗМІ. Правильним рішенням у відповідь на такі виклики є розвиток низьковуглецевої енергетики. У той час, коли стара система зосереджується на виробництві зброї та конфліктах, нове покоління розробляє і впроваджує передові технології, які радикально змінюють світ [4; 5].

Пандемія COVID-19, з одного боку, викликала економічні та соціальні колапси, а з іншого – надала можливість переосмислити та окреслити нові пріоритети розвитку, стимулювала інвестиції в екологічні та стійкі рішення. Одним з пріоритетів визначено модернізацію, розширення та стимулювання зеленої інфраструктури.

2.1. Фактори розвитку гідроенергетики

Гідроенергетика використовує кінетичну енергію та воду для виробництва енергії, що робить її стійким, надійним та чистим джерелом енергії.

Одні з перших інновацій для виробництва гідроенергії були використанні в Китаї під час династії Хань, між 202 р. до н.е. та 9 р. н.е. Молоти, оснащені вертикально встановленими водяними колесами, використовувалися для молотіння та очищення зерна, подрібнення мінералів та раннього виробництва паперу. Наявність гідроенергетики давно тісно пов'язана з прискоренням економічного зростання. Річард Аркрайт використовував гідроелектростанцію для роботи Кромфордського млина – першої в світі млинової системи, яку він побудував у 1771 р. для розкручування бавовни в долині Дервент в Англії [25].

Значний розвиток гідроенергетики припав на першу половину XIX ст.:

- у 1827 р. французький інженер Бенуа Фурніон розробив гідравлічне колесо потужністю близько 6 к.с.;

- у 1849 р. англо-американський інженер Джеймс Френсіс створив гідравлічне колесо Френсіса – перше сучасне гідравлічне колесо;

- у 1913 р. професор Віктор Каплан створив турбіну Каплан.

Перша в світі гідроелектростанція була використана в 1878 р. для живлення однієї лампи в Крегсайді – заміському будинку в Нортумберленді, Англія. Через чотири роки була відкрита перша електростанція у Вісконсині (США) для живлення приватних і комерційних систем споживання. Протягом десятиліття сотні гідроелектростанцій запрацювали у світі.

У Північній Америці гідроелектростанції були побудовані в Мічигані (1880 р.), Гранд-Репідс, Оттава, Онтаріо (1881 р.), Дорзівіллі, Нью-Йорк (1881 р.) і на Ніагарському водоспаді, Нью-Йорк (1881 р.). Їх використовували для живлення заводів і освітлення місцевих будівель. У 1891 р. Німеччина побудувала першу трифазну гідроелектростанцію, а в 1895 р. в Австралії була запущена перша в південній півкулі громадська електростанція; у 1895 р. на Ніагарському водоспаді була побудована найбільша у світі гідроелектростанція Едварда Діна Адамса.

До 1900 р. по всьому світу працювали сотні малих гідроелектростанцій. У Китаї на річці Синдіан поблизу Тайбея в 1905 р. була побудована гідроелектростанція потужністю 500 кВт [3; 12].

Розвиток гідроенергетики як альтернативної та відновлювальної галузі енергетики привертає великий науковий та технічний інтерес у всьому світі. Основними факторами, що сприяють розвитку гідроенергетики, є природні, технологічні, економічні, соціальні та політичні (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Фактори розвитку гідроенергетики (складено автором)

Природні фактори	Водні ресурси	Наявність ресурсів, таких як річки, озера і водосховища, є важливою передумовою для розвитку гідровузлів. Регіони з великими та стабільними потоками води мають більший потенціал для отримання гідроенергії
-------------------------	---------------	--

	Топографія	Топографія місцевості впливає на можливість розвитку гідроенергетики, зокрема на можливість будівництва водосховищ і дамб. Гірські райони з крутими схилами часто є ідеальними місцями для гідроелектростанцій
Технологічні фактори	Інновації та дослідження	Технологічні інновації, зокрема в галузі турбінного обладнання та матеріалів, підвищують ефективність і продуктивність гідроелектростанцій. Важливу роль відіграють дослідження в галузі енергоменеджменту та оптимізації гідроелектростанцій
	Модернізація та оновлення	Модернізація старих гідроелектростанцій і використання передових технологій дозволяють значно збільшити виробництво енергії без необхідності будівництва нових об'єктів
Економічні фактори	Фінансування	Забезпечення фінансування проектів гідроелектростанцій є ключовим. Це може включати як державні, так і приватні інвестиції
	Економічна вигода	Гідроенергетика пропонує довгострокові економічні вигоди, особливо низькі експлуатаційні витрати після початкових інвестицій у будівництво
Політичні фактори	Політика уряду та регулювання	Державна підтримка через субсидії та пільги та сприятливе регулювання є важливими для стимулювання розвитку гідроенергетики
	Міжнародне співробітництво	Міжнародні угоди та співробітництво можуть сприяти реалізації транскордонних гідроенергетичних проектів
Соціальні фактори	Соціальна підтримка	Громадська підтримка та усвідомлення важливості відновлювальної енергетики сприяють прийняттю гідроенергетичних проектів
	Вплив на середовище та суспільство	Мінімізація впливу на навколишнє середовище та місцеві громади, в тому числі через розвиток екологічно та соціально відповідальних практик має головне та вирішальне значення

Найважливішим фактором, без якого розвиток гідроенергетики просто неможливий, є природоресурсний, тобто гідроенергетичний потенціал (рис. 2.1).

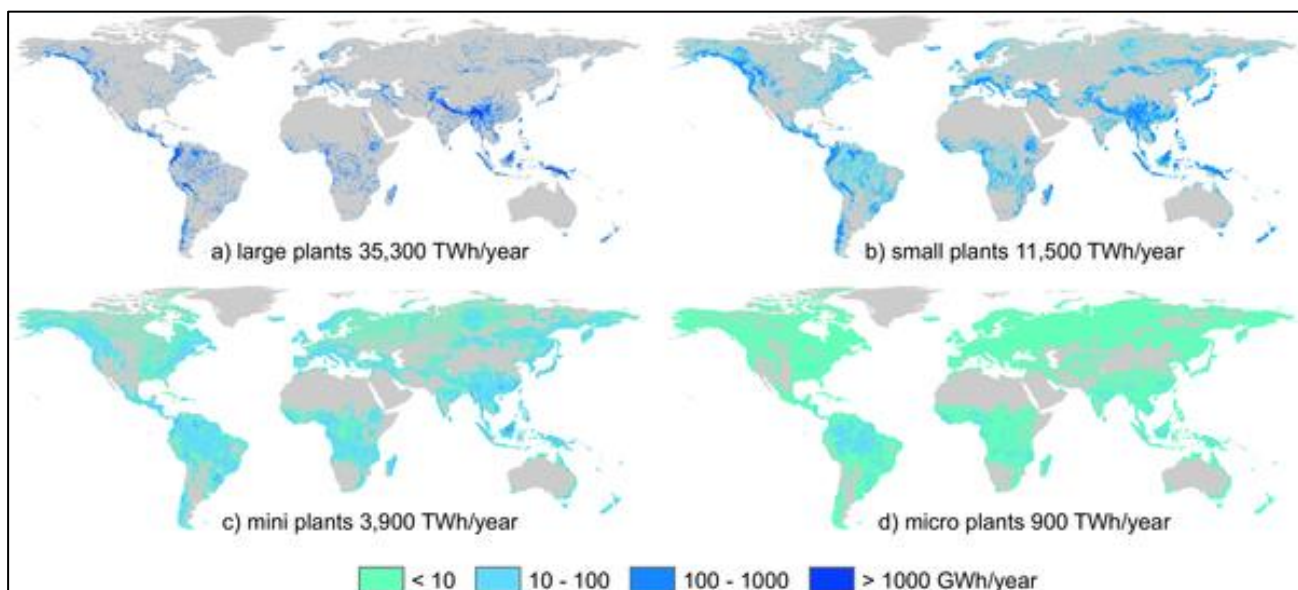
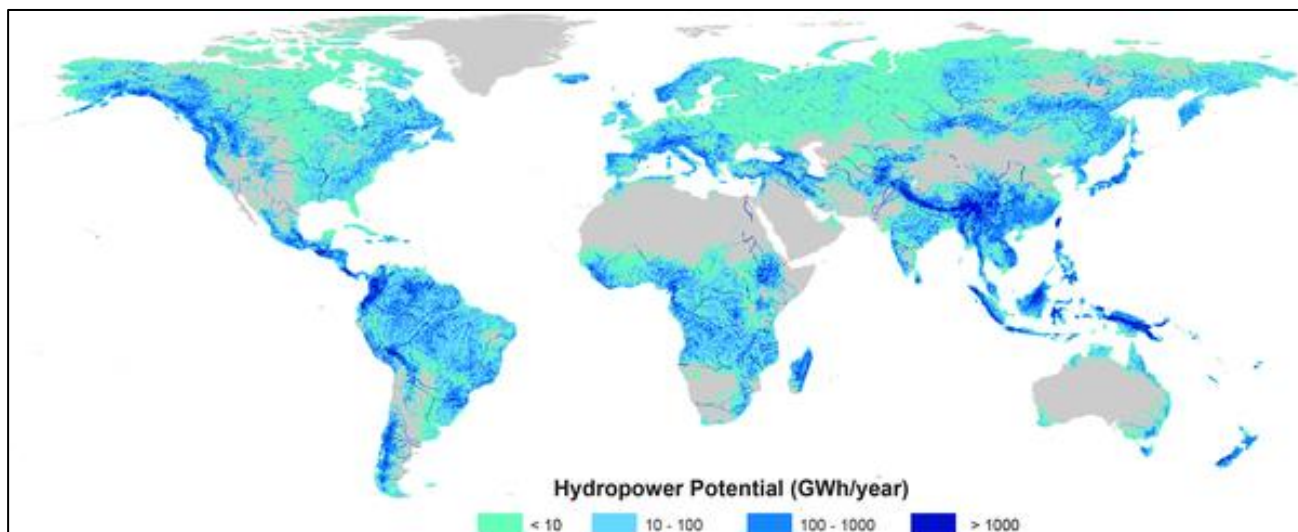
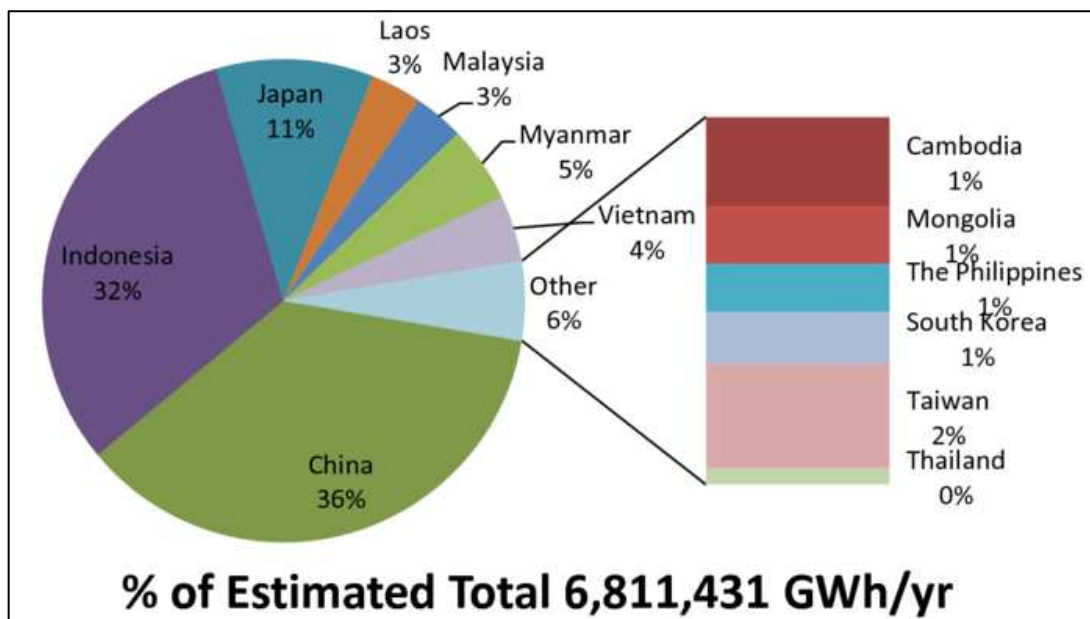


Рис. 2.1. Гідроенергетичний потенціал світу [56-57]

2.2. Фактори розвитку сонячної енергетики

Сонячна енергетика базується на перетворенні сонячного світла в енергію за допомогою фотоелектричних панелей або дзеркал, які збирають сонячне світло. Енергія, що виробляється, може бути використана для виробництва енергії або зберігається в акумуляторах чи теплових сховищах для подальшого використання.

Використання сонячної (геліо) енергії почалося ще в 70 р. до н.е., з активним відбиттям і пасивним поглинанням сонячного світла, з подальшим винаходом фотоелектричних сонячних батарей у 1883 р., кремнієвих сонячних батарей у 1954 р. і будівництвом великомасштабних сонячних електростанцій у 2010 р., що робить сонячну енергію третьою за величиною відновлювальною технологією сьогодення (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Історія розвитку геліоенергетики світу (складено автором)

Етапи розвитку	Історична подія
Початковий запуск	Історія сонячної енергетики починається з XVII століття до н.е. Поширене стародавнє використання сонця включало активне віддзеркалення сонячних променів і пасивне використання сонця як джерела тепла. XVII століття до н.е.: люди використовували збільшувальне скло, щоб запалити вогонь. III століття до н.е.: греки і римляни запалювали факели для релігійних церемоній, фокусуючи сонячне світло дзеркалами. II століття до н.е.: грецький вчений Архімед використовував бронзові щити для відбиття сонячного світла і підпалу дерев'яних кораблів. I-IV століття н.е.: римляни використовували вікна, що виходять на південь, щоб сонячне світло нагрівало їхні ванни. VI століття н.е.: солярії в будинках і громадських будівлях були настільки популярні, що римський імператор Юстиніан I ініціював «сонячні права», щоб дозволити індивідуальний доступ до сонця.
Етапи розвитку сонячної енергетики	1839 р. – відкрито фотоелект. 1883 р. – винайдено перший фотоелектричний (сонячний) елемент. 1954 р. – винайдено перший кремнієвий сонячний елемент. 1963 р. – корпорація Sharp стала першим масовим виробником кремнієвих сонячних панелей.

	2007 р. – глобальні інвестиції в сонячну енергетику перевищили 100 мільярдів доларів. 2007 р. – сонячна енергія стає провідною технологією чистої енергії. 2010-2018 рр. – створюються великі сонячні електростанції. 2018 р. – Франція відкрила перший завод з переробки сонячних панелей у Європі. 2022 р. – сонячна енергетика становить приблизно 4,6 % від світового виробництва енергії.
Поточний стан	В даний час сонячна енергетика є третьою за величиною технологією відновлювальної електроенергії після гідроелектростанцій і вітроенергетики. У 2022 році сонячна фотоелектрика становила 4,6 % від загального виробництва електроенергії [44].
Перспективи на майбутнє	Майбутнє енергетики буде сильно залежати від амбітних цілей уряду, політичної підтримки, підвищення конкурентоспроможності компаній сонячної енергії та скорочення витрат.
Основні зміни в політиці	1974 р. – Міжнародне енергетичне агентство (IEA) 1993 р. – Програма IEA з фотоелектричних енергосистем (IEA PVPS) 2009 р. – Міжнародне агентство з відновлювальних джерел енергії (IRENA) 2015 р. – Паризька кліматична угода 2015 р. – Міжнародний сонячний альянс (ISA) 2015 р. – Глобальна сонячна рада (GSC)

Отже, сонячна енергетика пройшла *три етапи* розвитку:

1. Раннє формування ринку та інновації. Рання історія геліоенергетики сягає VII століття до н. е. У той час найбільш поширеним використанням сонця було активне віддзеркалення сонячного світла або пасивне використання сонця як джерела тепла.

2. Інтеграція та розвиток: відкриття фотографічного ефекту, винайдення сонячних елементів та технологічний прогрес у підвищенні ефективності сонячних елементів сприяли формуванню ринку сонячної енергії.

3. Розподіл: фотоелектрична енергія почала утверджуватися як основний енергетичний сектор у 2010 році завдяки збільшенню інвестицій та створенню великих сонячних електростанцій;

4. Міжнародне енергетичне агентство (IEA), Програма IEA з фотоелектричних енергосистем (IEA PVPS), Міжнародний сонячний альянс

(ISA), Глобальна сонячна рада (GSC) сприяли регулюванню ринку сонячної енергії.

Основою технології сонячних батарей є фотоефект, який виникає при попаданні фотонів світла на поверхню напівпровідника, викликаючи виділення електронів. Ці вільні електрони стають електричним струмом, який можна збирати для виробництва електроенергії. Сонячні панелі, відомі як фотоелектричні модулі, створюються з напівпровідників, часто кристалічного кремнію. Коли сонячне світло потрапляє на поверхню панелі, напівпровідникові електрони заряджаються енергією, створюючи електричний струм.

Сонячні електростанції – це складні системи, які об'єднують велику кількість сонячних панелей для масштабного виробництва електроенергії. Їх розміри можуть варіюватися від невеликих сонячних панелей для індивідуальних споживачів до великих сонячних ферм, розташованих на великих ділянках. Сонячні батареї широко використовують для виробництва енергії для житлових будинків, комерційних комплексів.

Головним фактором розвитку сонячної енергетики є природоресурсний, зокрема кількість сонячної радіації (рис. 2.2).

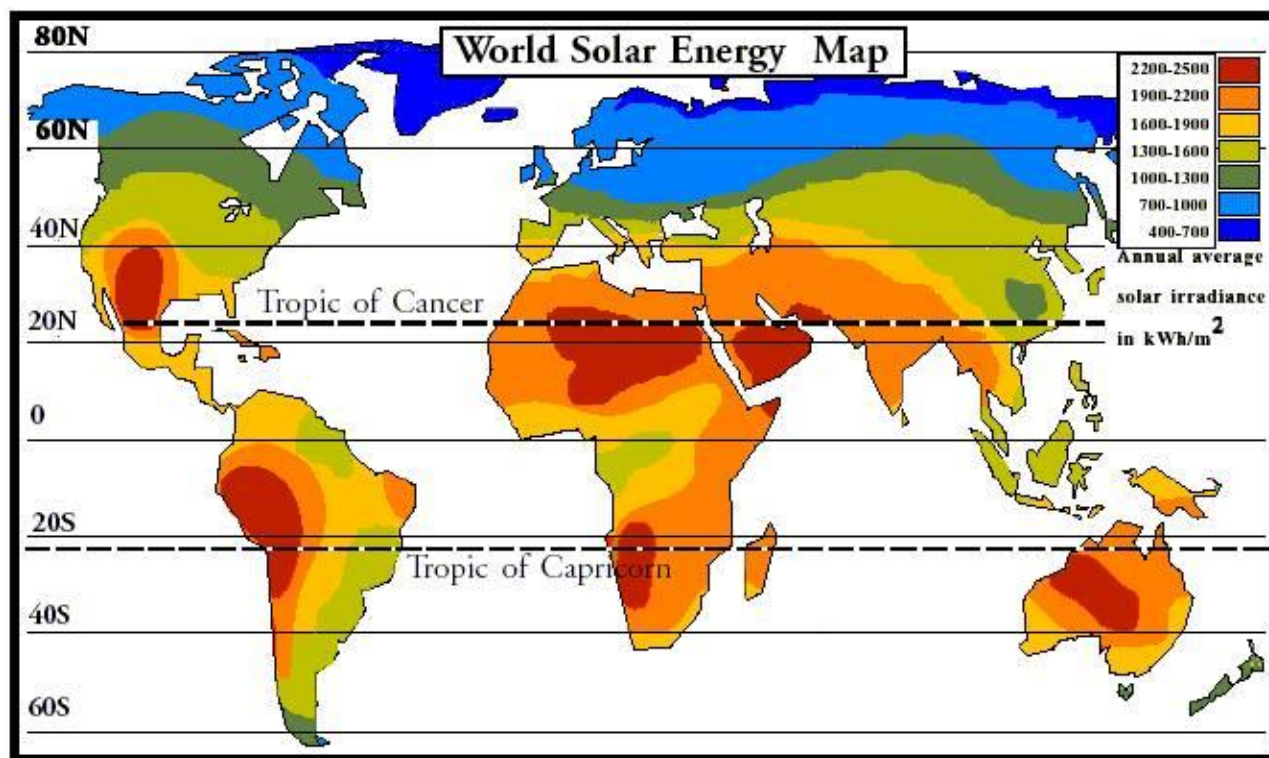


Рис. 2.2. Сонячна енергія [58]

2.3. Фактори розвитку вітрової енергетики

Вітрова енергія є важливим джерелом відновлювальної енергії, яка використовує кінетичну енергію з повітря для виробництва електроенергії. Основним елементом вітроенергетичної технології є вітрові турбіни, завдяки яким відбувається перетворення енергії вітру в електроенергію. Вітрові турбіни складаються з великих лопатей, які закріплені на горизонтальній або вертикальній осі. Рух повітря змушує лопаті обертатися, що активує генератор і генерує електрику [1; 3-4; 9].

Ефективність вітрових турбін істотно залежить від їх розташування. Вітряні електростанції розташовані в районах сильного вітру (рис. 2.3), таких як великі відкриті поля, узбережжя або навіть в океані. Деякі з найбільших вітроелектростанцій розташовані у віддалених регіонах або на морських платформах. Для підвищення ефективності вітрових турбін використовуються різні технології. Сюди входить використання «інтелектуальних» систем, що передбачають зміни вітрового режиму, а також поліпшення форми і матеріалів лопатей для підвищення їх ефективності.

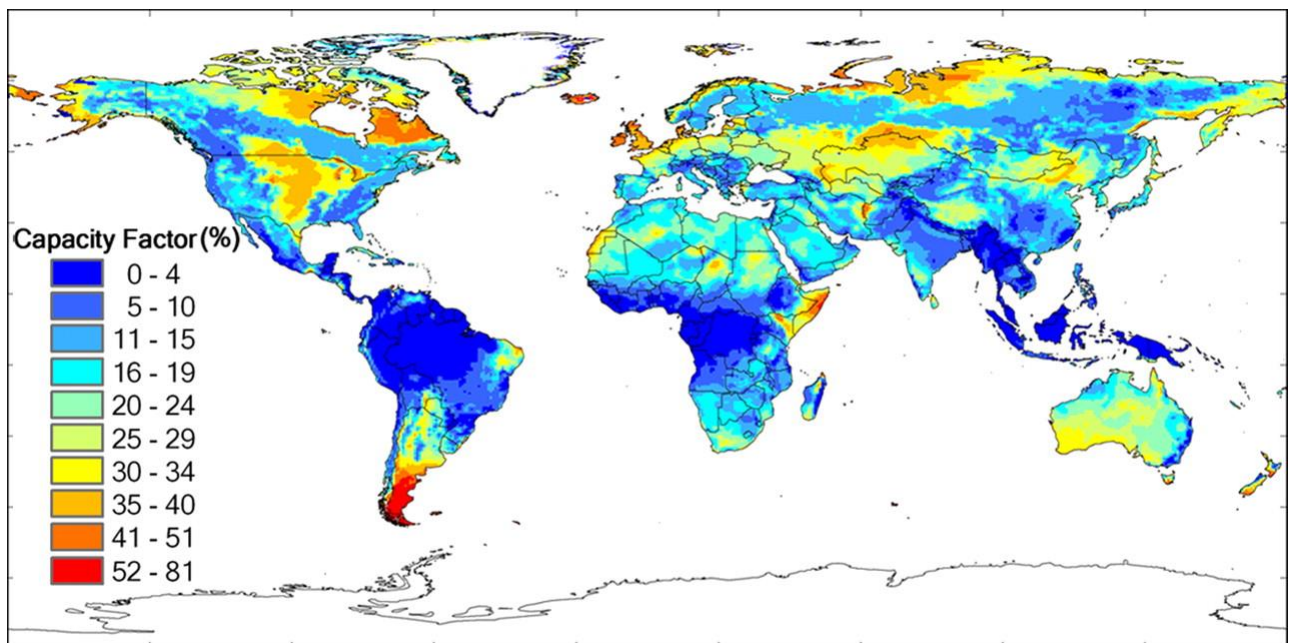


Рис. 2.3. Глобальний потенціал ветрогенерації [59]

Фактична ефективність генерації найкращих вітрогенераторів досягає 45 %, коли вітрогенератор працює при постійному тиску вітру.

У період з 2001 по 2017 рр. загальна глобальна потужність вітрогенераторів зросла у 22 рази [20]. Даний швидко зростаючий сектор дає змогу створювати нові робочі місця, підвищує стійкість електромереж, займається розширенням доступу до енергії в країнах, що розвиваються, а також допомагає знизити витрати на електроенергію.

2.4. Фактори розвитку інших галузей відновлювальної енергетики

Енергія припливів. Припливна енергія здавна використовувалася людьми у вигляді припливних млинів на узбережжях Іспанії, Британії, Франції, США, Канади та інших країн: дамби перекривали невеликі бухти, де були розташовані колеса млинів, які обертались під час відливу. Діаметр колес досягав 6 м. У Великобританії аналогічний об'єкт був збудований у 1580 р. під аркою Лондонського моста, і 250 років використовувався для відкачування прісної води для водопостачання [4].

Головною особливістю припливних станцій (ПЕС) є використання природної припливної енергії, характер якої пов'язаний з припливною силою, що виникає внаслідок гравітаційної взаємодії Землі з Сонцем і Місяцем. Для водного шару Землі має значення лише складова, яка знаходиться горизонтально від вхідної сили формування. Через близькість Місяця до нашої планети припливна величина, викликана його впливом, у 2,2 рази більше Сонця. На берегах океанів і морів найбільш поширений півдобовий приплив, при якому максимальна хвиля прибуває двічі на добу з Місяця (24 години 50 хвилин). Величина входу визначена різницею рівня води в збільшенні і зниженні в період входу. Максимальний відхил від середнього рівня називається припливною амплітудою.

Модель припливних змін, викликаних рухом Сонця і Місяця, є практично незмінною протягом усіх місяців року. Середнє значення входу за всі дні однойменного місячного місяця також практично однакове в довгостроковому

річному розрізі. Відмінною рисою припливної енергії є незмінність середньомісячної енергії за будь-який рік.

Амплітуди і форми припливних хвиль на різних берегах Світового океану істотно відрізняються (рис. 2.4), що пов'язано з такими факторами як прибережна конфігурація, глибина тощо. Максимальне значення припливу Амакаса, яке склало 19,5 м, спостерігалось в затоці Фанді в Канаді на узбережжі Атлантичного океану, 16,3 м – на краю р. Северн у Великобританії.

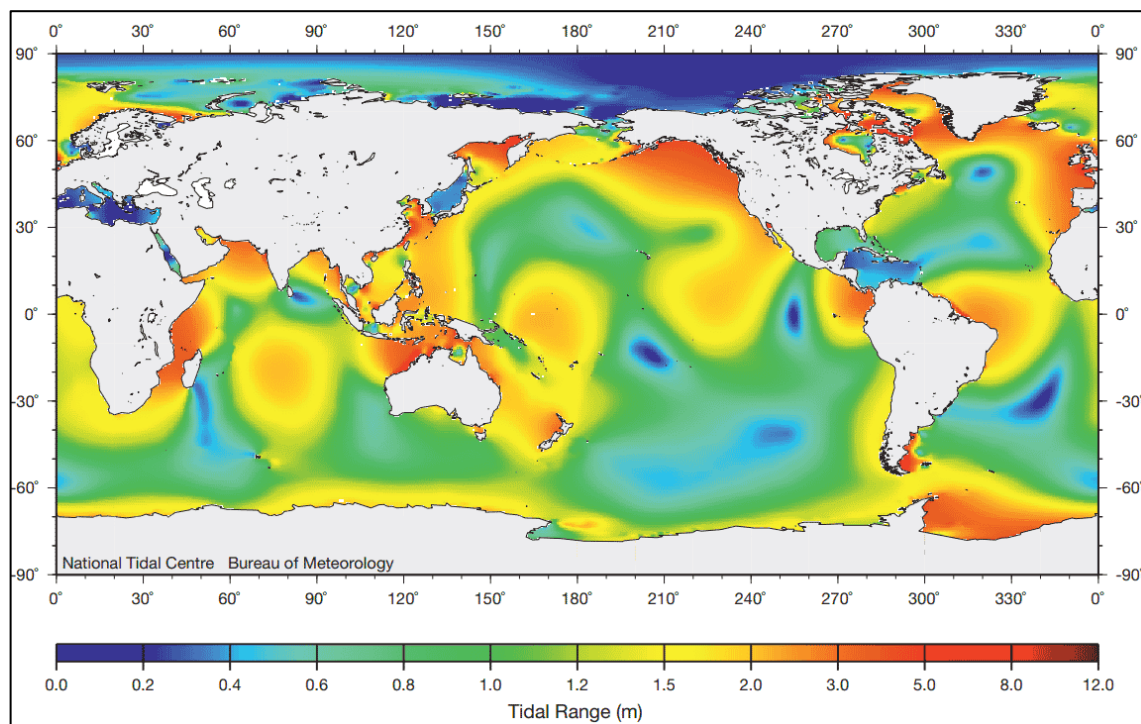


Рис. 2.4. Енергія припливів [60]

Біомаса є одним з найстарших джерел енергії, але її використання донедавна було зведено до прямого згоряння на відкритому вогні і в печах з відносно низькою ефективністю. Біомаса відноситься до органічних речовин, що утворюються рослинами в результаті фотосинтезу і які можуть бути використані для виробництва енергії, включаючи всі типи рослинності, рослинні залишки сільського господарства, столярної та інших галузей [4; 3; 1].

У більш широкому сенсі біомаса також включає побутові та промислові відходи не завжди рослинного походження, але які характеризуються тими ж принципами утилізації. Потенційні ресурси рослинної біомаси, які використовуються як джерело енергії, досягають 100 млрд. т. В даний час в

світовому енергетичному балансі рослинна біомаса (в основному паливна) не перевищує 1 млрд. т. (близько 12 %). Використовуючи сучасні технології, частка біомаси в світовому енергетичному балансі може значно зрости.

Біомаса має важливу роль в енергетичному балансі розвинених країн: в Канаді її частка становить 7 %, Швеції – 16 %, США – 4 %, Австрії – 14 % [20] (рис. 2.5).

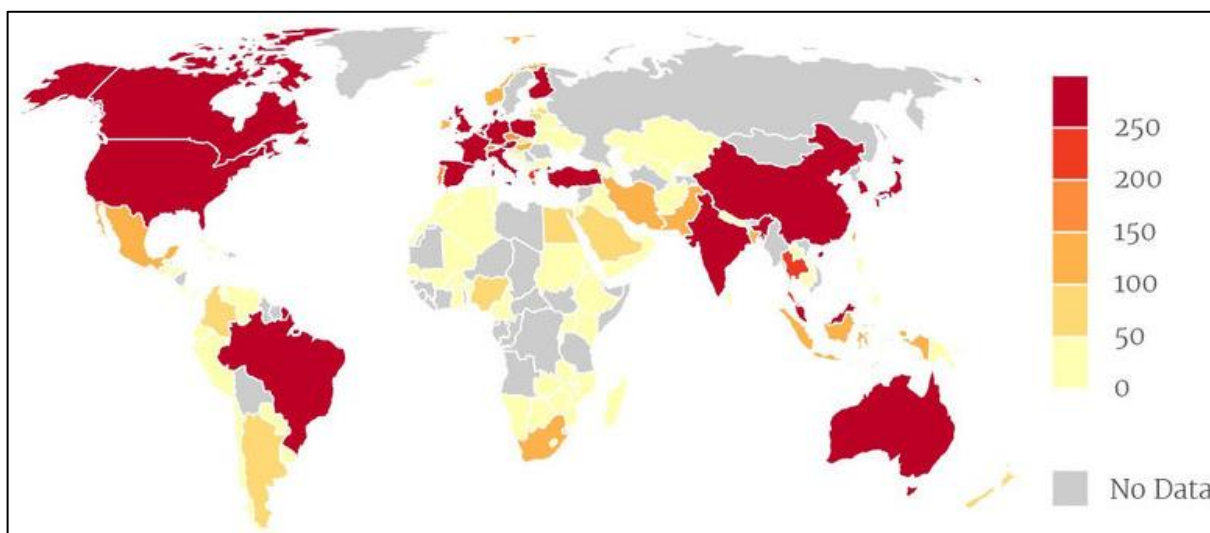


Рис. 2.5. Виробництво біомаси як відновлювального джерела енергії за країнами світу [61]

За особливостями використання біомасу можна розділити на групи: первинну та вторинну. Джерелом первинної біомаси є водна і наземна флора, вторинної – залишки біомаси, які утворюються після збору і переробки біомаси в товарні продукти, а також залишки, обумовлені життєдіяльністю тварин і людей [4; 8]:

- лісова продукція у вигляді лісозаготівельних залишків та деревообробки;
- сільськогосподарські залишки, які поділяються на рослинні залишки (солом'яні злаки, стебла кукурудзи, соняшник тощо) і залишки тварин (гній і гнійні стоки тощо);
- біомаса водних рослин (водорості, макрофіти тощо);
- міські та промислові відходи (побутові відходи, осад міських та промислових стічних вод тощо), утилізація яких може вирішити основні екологічні та соціальні проблеми (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Біомаса як відновлювальний енергоресурс (складено за [23])

Вид біомаси	Технологія (технологічний процес)	Енергетичні продукти
Суха біомаса	Спалювання Газифікація Піроліз Гідроліз і дистиляція Брикетування пресуванням	Теплова та електрична енергія Горючі гази, метанол Горючі гази, смоли Етиловий спирт Паливні гранули, брикети
Волога біомаса	Анаеробне зброджування Зброджування, ферментація і дистиляція Етерифікація	Біогаз Паливний спирт Біодизпаливо

Геотермальна енергія. Основним джерелом даної енергії є потік тепла з надр Землі, спрямований на поверхню. Земна кора отримує тепло в результаті тертя ядра та радіаційного розпаду елементів. Геотермальна енергія в основному використовується для систем опалення та для виробництва електроенергії (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Сфери використання геотермальних вод (складено за [20])

Температура термальної води, °C	Сфера використання
37-50	Бальнеологія
50-70	Малогабаритне опалення, технологічне використання води гаряче водопостачання
70-120	Розвивається масштабне опалення (міста та сільського господарства), багатоцільове використання води як тепла
120-170	«Мала» електротехнічна промисловість яка використовує робочі речовини, такі як фреон, аміак тощо
170-220	«Середня» електротехнічна промисловість з безпосереднім використанням парової суміші
Більше 220	«Велика» електроенергія на природній сухій парі

Геотермальні електростанції можуть бути циклічними або бінарними парогенеруючими системами, залежно від температури геотермального джерела [11]. Міжнародне енергетичне агентство (IEA) виділяє п'ять видів геотермальної енергії:

- суха пара;
- волога пара;
- геотермальні води;
- сухе кам'яне тепло;

магма (розплавлена порода, нагріта до 1300 ° C) [23].

Деякі з глибоких теплових відкладень Землі є ділянками теплових аномалій, де геотермальний градієнт водонасичених інтрузивних порід збільшується. Таким чином, практичними проявами геотермального тепла є гаряча вода і пара, поховані в підземних відкладеннях на відносно невеликих глибинах, а також гейзери, що досягають поверхні. Геотермальні води класифікуються за температурою, кислотністю, мінералами і твердістю [4].

Комбіновані системи, де геотермальне тепло використовується як холодоагент для нагрівання води та створення електроенергії на теплових станціях, є найбільш ефективними для економії значних обсягів вугілля або газу та підвищення ефективності низькопотенційного перетворення енергії. Ці комбіновані схеми дозволяють виробляти енергію за допомогою теплоносіїв з початковою температурою вище 70-80 °C.

Сьогодні 57 країн світу використовують тепло з геотермальних джерел не тільки для виробництва енергії, але й у вигляді прямого тепла: для опалення – 23 %, обігріву лазень і басейнів – 4 %, підігріву води в рибальстві – 6 %, теплових насосів – 12 %, промислового використання – 5 % (рис. 2.6) [20; 23].

Морська енергетика – інноваційний напрямок у сфері відновлювальної енергетики. Використовують для виробництва енергії через рух води в океані, зокрема хвиль, припливів, солоної води та різниці температур (теплова енергія океану використовує градієнт температури між теплою поверхнею океану та холоднішими глибинами для створення пари та експлуатації турбін для виробництва електроенергії). Ці станції можуть бути розташовані на дні моря або в прибережних районах, де припливи мають найбільший потенціал. Цей вид енергії може використовуватися для живлення житлових будинків, транспорту

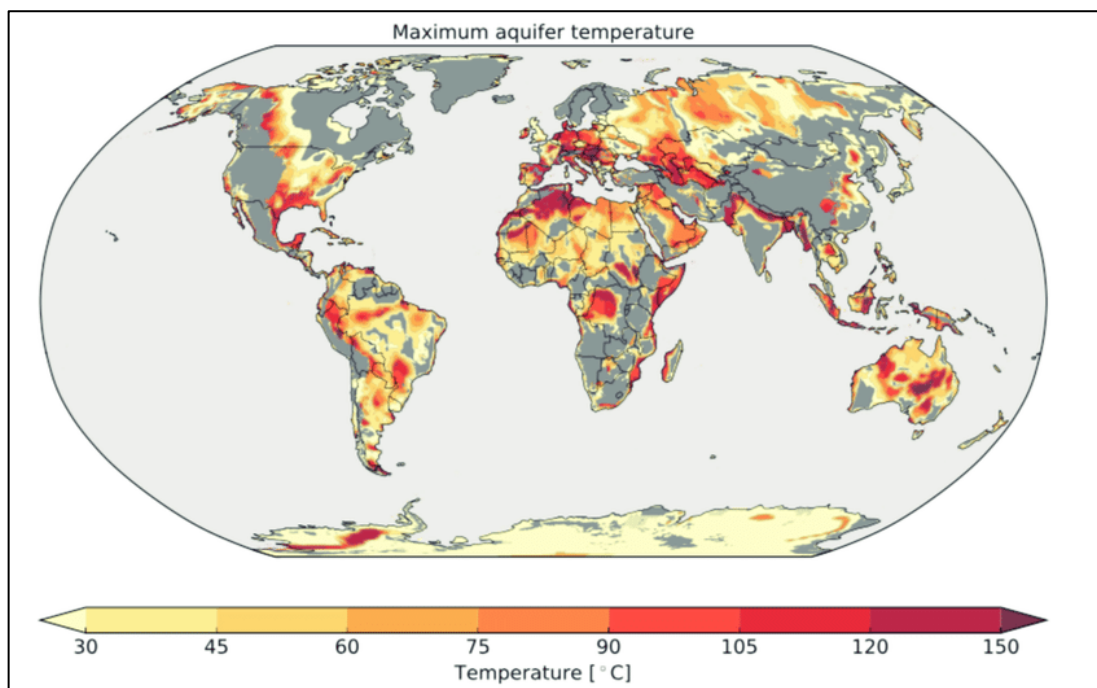


Рис. 2.6. Геотермальна енергія [62]

та промислових потреб. Крім того, морська енергія використовується для отримання тепла. Морська енергія може бути важливим джерелом відновлювальної енергії, оскільки океани мають величезний потенціал і розташовані поблизу численних населених пунктів. Це може стати новим джерелом енергії для всього світу. Незважаючи на свій потенціал, морська енергетика стикається з численними проблемами, включаючи високі витрати на розробку та обслуговування, вплив на морську екосистему та серйозні умови в морському середовищі [4; 12; 17].

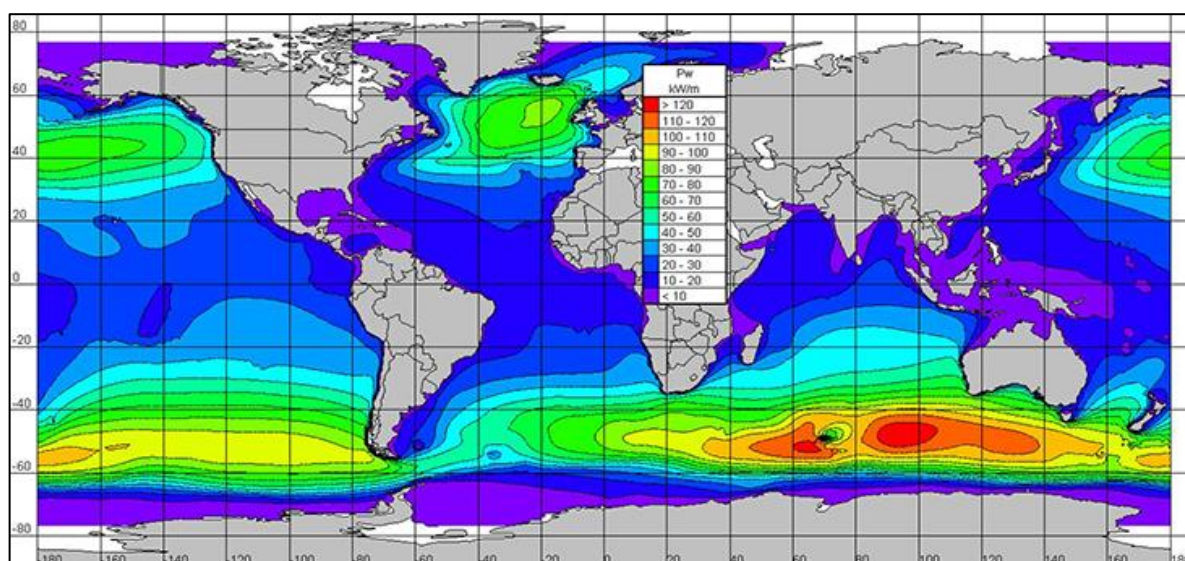


Рис. 2.7. Енергія морських хвиль [63]

РОЗДІЛ 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ СВІТУ

3.1. Місце відновлювальної енергетики в світовій енергетиці

Відновлювальна енергетика відіграватиме ключову роль у декарбонізації наших енергетичних систем у найближчі десятиліття. Попередній аналіз майбутніх шляхів розвитку енергетики показує, що завдяки відновлювальній енергетиці технічно можливо одночасно досягти кращого доступу до енергії, якості повітря та енергетичної безпеки, уникаючи небезпечних змін клімату. Дійсно, існує ряд альтернативних комбінацій ресурсів, технологій і політики, які можуть досягти цих цілей. Хоча успішна трансформація технічно можлива, потрібна швидка реалізація політики, спрямованої на узгоджені та скоординовані зусилля з інтеграції глобальних проблем, зокрема проблем глобального потепління, в місцеві та національні пріоритети політики (такі як здоров'я та забруднення середовища, доступ до енергії та енергетична безпека).

В 2022 р. в світі було вироблено 8538,5 ТВт*год. відновлювальної електроенергії, що в 9,1 разів перевищило рівень 1965 р. (рис. 3.1).

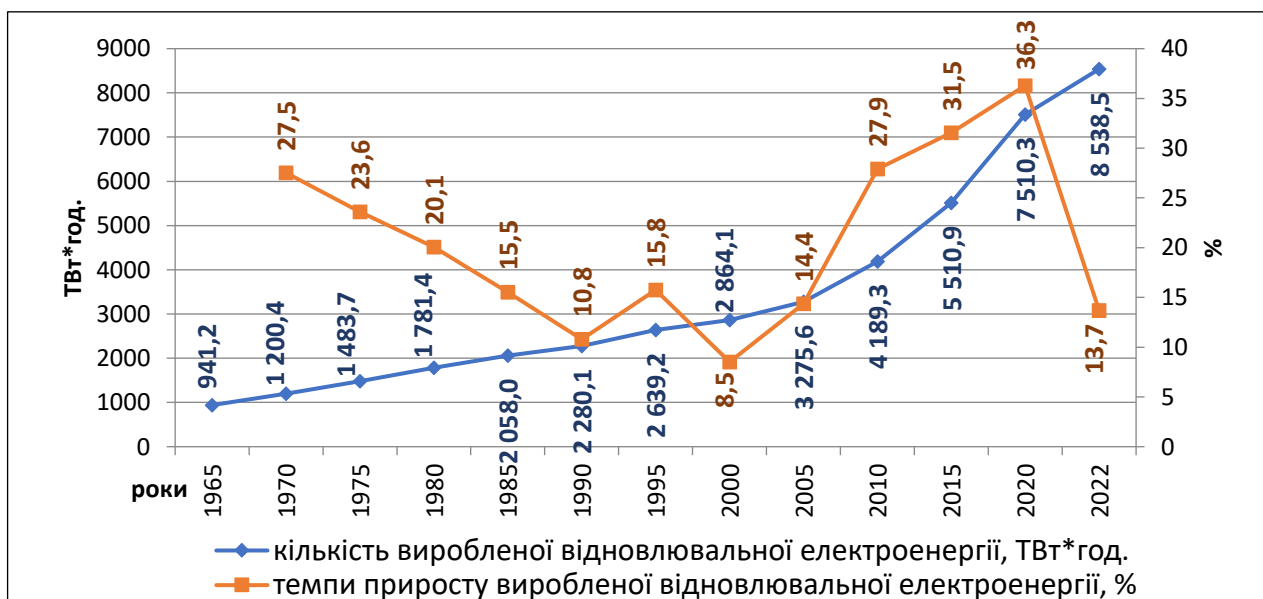


Рис. 3.1. Динаміка обсягів виробництва відновлювальної електроенергії в світі в 1965-2022 рр. (побудовано за [42])

Практично половину всієї відновлювальної електроенергії світу виробляють країни Азії (4017,3 ТВт*год. або 47,5 %). Ще приблизно по 1/5 припадає на Європу (1674,6 ТВт*год. або 19,8 %) та Північну Америку (1517,8 ТВт*год. або 18,0 %) (рис. 3.2).

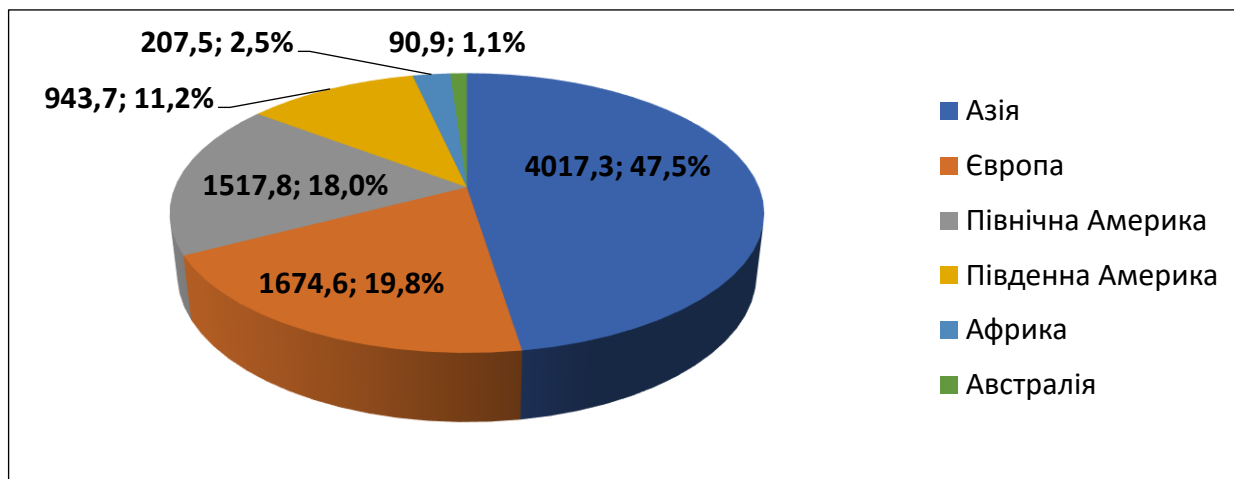


Рис. 3.2. Структура виробництва відновлювальної електроенергії за регіонами світу в 2022 р. (ТВт*год. / %) (побудовано за [42])

В 2022 р. частка відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії світу становила 29,6 %, збільшившись протягом 1990-2022 рр. на 10,5 % (табл. 3.1, рис. 3.3).

Таблиця 3.1

Частка відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії за регіонами світу (%) в 1990-2022 рр.(складено за [44])

Регіони світу	Роки								Темпи приросту, %
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2022	
Світ	19,1	19,7	18,9	18,3	19,9	23,2	28,2	29,6	55,0
Європа	15,6	18,1	18,6	18,2	22,1	28,4	36,1	35,0	124,8
Азія	16,3	14,9	12,9	13,2	14,8	18,5	23,1	24,8	51,9
Африка	18,2	16,8	18,4	17,4	17,6	18,3	22,6	23,2	27,6
Південна Америка	79,1	80,5	77,9	76,1	71,7	64,1	71,1	75,1	-5,0
Північна Америка	17,7	17,5	16,7	15,8	17,2	20,7	26,7	26,9	52,3
Австралія	10,0	9,4	8,1	9,0	8,8	14,1	24,2	33,2	233,2

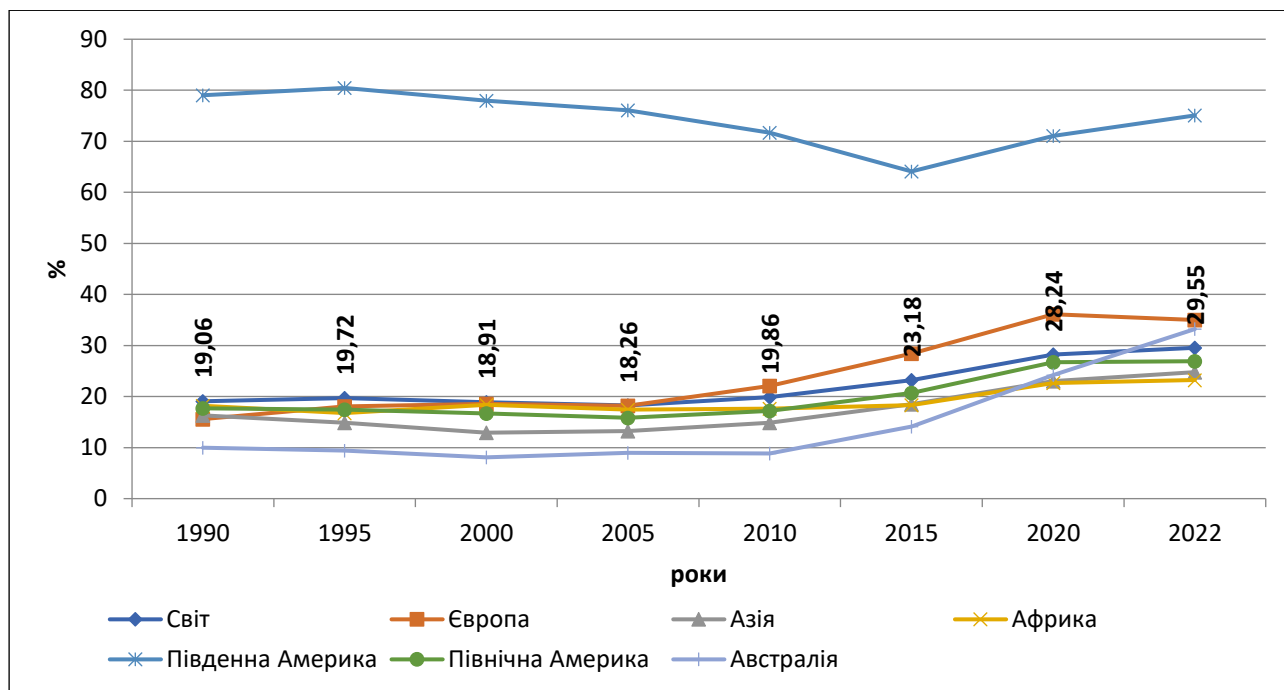


Рис. 3.3. Динаміка питомої ваги відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії за регіонами світу (%) в 1990-2022 рр. (побудовано за [44])

За часткою відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії беззаперечно лідирує Південна Америка (75,1 %). Проте, якщо порівняти показники 2022 р. з показниками 1990 р. (79,1 %), то побачимо негативну динаміку (-4,0 %). В цілому можна говорити про нестабільний характер південноамериканської відновлювальної електроенергетики протягом останніх трьох десятиліть, оскільки частка відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії регіону коливалася в великому діапазоні – від 64,1 % в 2015 р. до 82,1 % в 1994 р.

Серед регіонів світу найнижчу частку відновлювальних джерел у структурі виробництва електроенергії в 2022 р. мала Африка (23,2 %). Проте, на відміну від Південної Америки, для Африки характерна позитивна динаміка відновлювальної електроенергетики в 1990-2022 рр. (+5,0 %).

Регіоном світу з найвищими темпами приросту частки відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії є Австралія (233,2 % за 1990-2022 рр.). Якщо в 1990 р. Австралія займала останнє місце серед регіонів світу за часткою відновлювальної електроенергетики в енергетичному комплексі (10 %), то в 2022 р. піднялась на третє місце після Південної Америки

і Європи (33,2 %). Ще одним регіоном, що демонструє найвищі темпи приросту частки відновлювальної електроенергетики, є екологоорієнтована Європа (124,8 %).

Відновлювальна енергетика становить більше половини всіх введених в експлуатацію потужностей у світі з 2012 р. У 2017 р. нові можливості відновлювальної енергетики в світі досягли рекорду – 167 ГВт. Сонячна фотоелектрична потужність зростає більше, ніж будь-яке інше джерело виробництва електроенергії [10].

Світові інвестиції у низьковуглецеву енергетику в 2016 році склали 241,6 млрд. доларів. 2017-й рік став п'ятим роком поспіль, коли інвестиції в альтернативну енергетику практично подвоювали свої обсяги. Таке прискорення базується на значному зниженні вартості технологій альтернативної енергетики [9]. Країни світу перебувають у розпалі енергетичного переходу, який, як видається, сприяє використанню електроенергії як основного кінцевого енергоносія. Частка електроенергії в загальному світовому кінцевому споживанні енергії становить близько одну п'яту, але вона є набагато вищою в країнах з високим рівнем доходу і швидко зростає в країнах, що розвиваються [43].

3.2. Структурно-динамічні особливості відновлювальної енергетики світу

В структурі виробленої відновлювальної електроенергії світу в 2022 р. переважала гідроенергія (4334,2 ТВт*год. або 50,8 %). На другому місці стоїть вітрова енергетика (2104,8 ТВт*год. або 24,7 %) (рис. 3.4-3.5).

Гідроенергетика хоч і зберігає свої лідируючі позиції протягом останніх десятиліть, проте для неї характерна негативна динаміка. Так, протягом 1965-2022 рр. частка гідроенергії в структурі виробленої відновлювальної електроенергії світу зменшилася на 47,3 % (з 98,1 % в 1965 р.) (рис. 3.6).

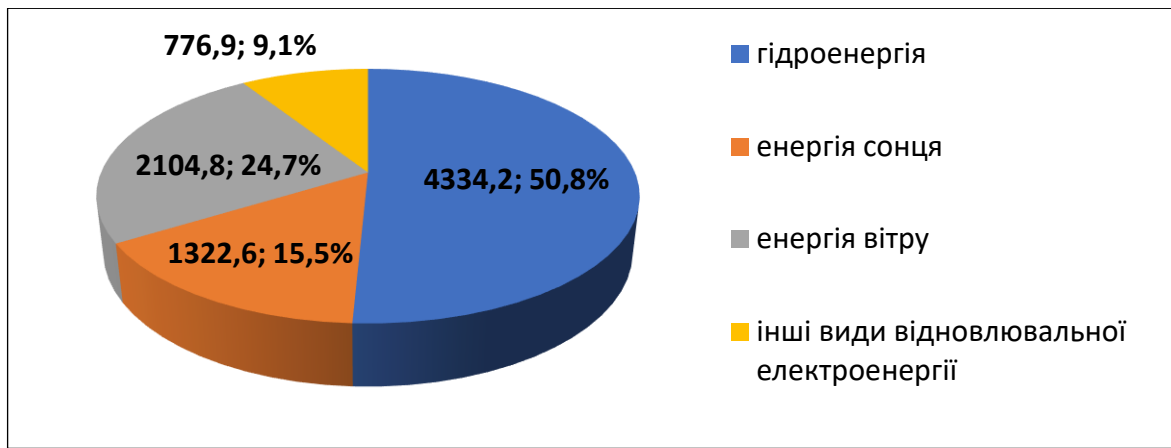


Рис. 3.4. Структура виробництва відновлювальної електроенергії світу за джерелами в 2022 р. (ТВт*год., %) (побудовано за [42])

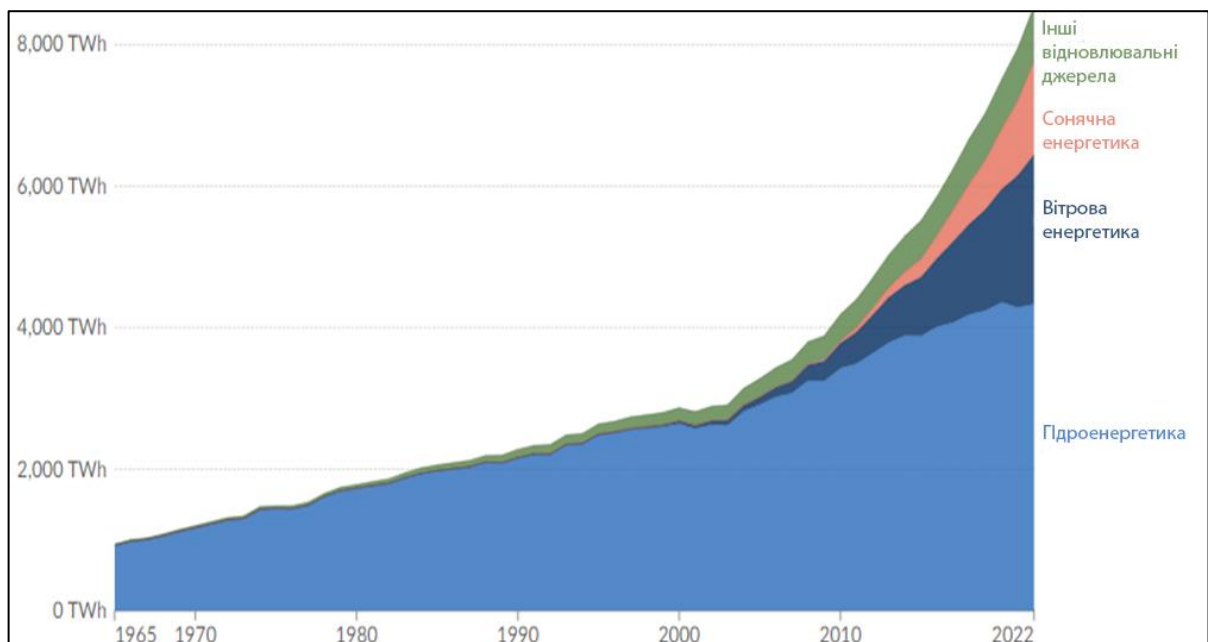


Рис. 3.5. Динаміка виробництва відновлювальної електроенергії світу за джерелами в 1965-2022 рр. (ТВт*год.) [42]

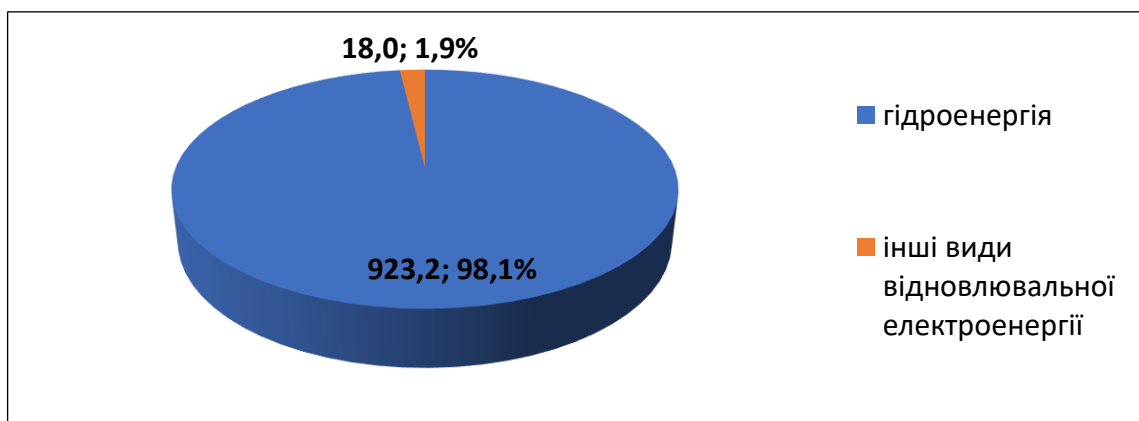


Рис. 3.6. Структура виробництва відновлювальної електроенергії світу за джерелами в 1965 році (ТВт*год., %) (побудовано за [42])

Відповідно зросла частка інших галузей відновлювальної енергетики – з 1,9 % в 1965 р. до 40,2 % в 2022 р. (рис. 3.5-3.6). В першу чергу це стосується вітрової (24,7 %) та сонячної (15,5 %) енергетики.

Згідно з новим звітом International Energy Agency (IEA) «Electricity 2024», очікується пришвидшення світового попиту на електроенергію, зокрема атомну й альтернативну, протягом наступних трьох років. Генеральний директор IEA Фатіх Біроль заявив у прес-релізі, що енергетичний сектор у даний час виділяє більше CO₂, ніж будь-який сектор світової економіки. Тому заохочується, щоб швидке зростання альтернативних джерел енергії (в першу чергу за рахунок все більш дешевої сонячної енергії) і подальше розширення атомної енергетики відповідали світовому попиту на енергію протягом наступних трьох років [31].

Відновлювальні джерела енергії, як очікується, вже на початку 2025 р. складуть 33 % від спільного світового виробництва електроенергії. Це важлива віха, оскільки відновлювальна енергетика вперше випередить вугільну енергетику [31].

Вже в 2023 р. енергія сонця і вітру привела світ в нову еру скорочення виробництва електроенергії з традиційного палива і скорочення викидів в енергетичному секторі. Вископне паливо все ще виробляє 70 % світової електроенергії, але його частка починає знижуватися через феноменальні темпи зростання низьковуглецевих вітрової і сонячної енергетики. Разом вітрова і сонячна енергетика в даний час виробляють більше 12 % світової електроенергії, що удвічі більше, ніж у 2015 році, коли була підписана Паризька угода.

Найбільшим джерелом електроенергії на сьогоднішній день залишається вугілля (36 %), на яке припадає чверть енергетичних викидів CO₂. Однак на галузі чистої електроенергії, такі як атомна енергетика (9 %), гідроенергетика (15 %), вітрова енергетика (7,6 %) і сонячна енергетика (4,5 %), припадає 39 % світового виробництва електроенергії [12; 36; 40].

Попит на електроенергію продовжує зростати і підвищився на 2,5 % в 2022 р., що відповідає середньому показнику минулого десятиліття. Все більше людей мають доступ до електроенергії. Очікується, що вітрова і сонячна

електроенергія покривають 80 % зростання попиту на електроенергію, а чиста електроенергія випередить зростання попиту до 2023 р.

Споживання електроенергії на душу населення в різних регіонах сильно відрізняється. Доступ до надійної, доступної та стійкої енергії є важливим драйвером економічного розвитку [39; 40]. Необхідно вжити термінових заходів для поліпшення доступу до електроенергії в Африці, де споживання на душу населення залишається низьким протягом багатьох років. Міжнародне співтовариство повинно працювати з африканськими урядами, щоб досягти прогресу в цій сфері.

Слід зазначити, що нинішній процес енергетичного переходу є результатом багатьох соціально-економічних детермінант за останні 30-40 років [3]. Найважливішою детермінантою є глобалізація, характерна для людства з кінця XX ст. Найважливішим наслідком процесу глобалізації є відчутне зростання взаємозалежності національних економік, що призвело до значної інтеграції більшості ринків – як функціональних, так і інституційних. Крім того, процес глобалізації призвів до значного підвищення рівня соціально-економічного розвитку більшості країн, їх конкурентоспроможності та інноваційності.

Сектор відновлювальної енергетики на даний момент є найбільш швидкозростаючою сферою у світовій економіці. З кожним роком обсяг ВВП і капітальні витрати стабільно зростають. Це, безсумнівно, призводить до підвищення ефективності виготовлення енергії та зниження вартості технічного обладнання, що дає можливості збільшення виробництва даної електроенергії. Отже, розвиток сектора відновлювальної енергетики буде відбуватися ще більш прискорено, що дасть поштовх до стабільного зростання інвестицій та технологічних інновацій у цьому секторі. Слід визначити, що в рамках енергетичного переходу сектор альтернативної енергетики, як очікується, матиме найбільший вплив на глобальні соціально-економічні перетворення. Очікується, що розвиток виробництва альтернативної енергії позитивно впливатиме на рівень життя сотень мільйонів людей у світі, які зараз не мають постійного доступу до електроенергії. Широкий доступ до чистої електроенергії

дозволить поліпшити не тільки якість навколишнього середовища, але й якість освіти та охорони здоров'я.

3.3. Регіональні особливості відновлювальної енергетики світу

Виробництво відновлювальної електроенергії дуже відрізняється за країнами світу.

В 2023 р. в світі було вироблено 4211,01 ТВт*год. гідроенергії. Майже половину світової гідроенергії виробили країни Азії – 46,3 % (рис. 3.7). Країнами-лідерами за виробництвом гідроенергії в 2023 р. стали Китай, Бразилія, Канада, США, Росія, Індія, Норвегія, В'єтнам, Японія і Швеція (від 233,96 ТВт*год. в Китаї до 66,07 ТВт*год. у Швеції). За питомою вагою гідроенергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Бутан, ЦАР, Лесото, Парагвай (100 %), ДР Конго, Албанія, Непал, Ефіопія і Сьєра-Леоне (більше 90 %) (рис. 3.8).

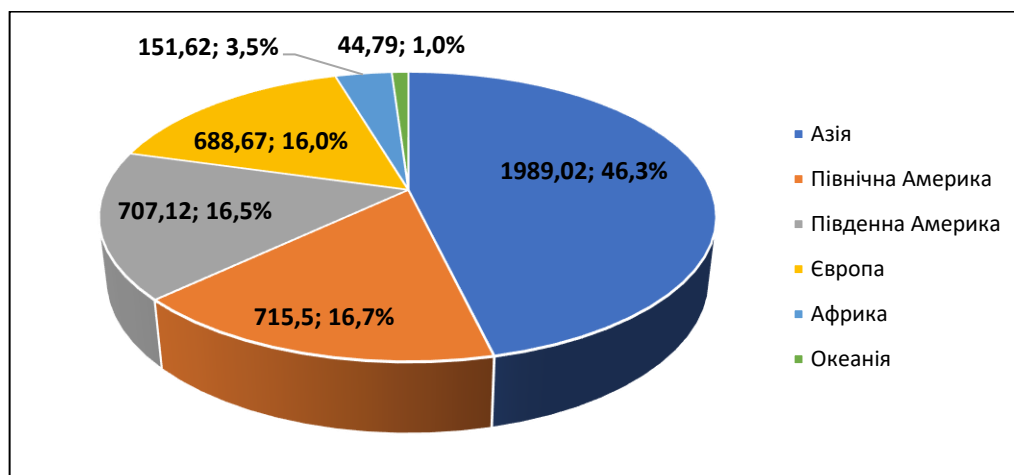
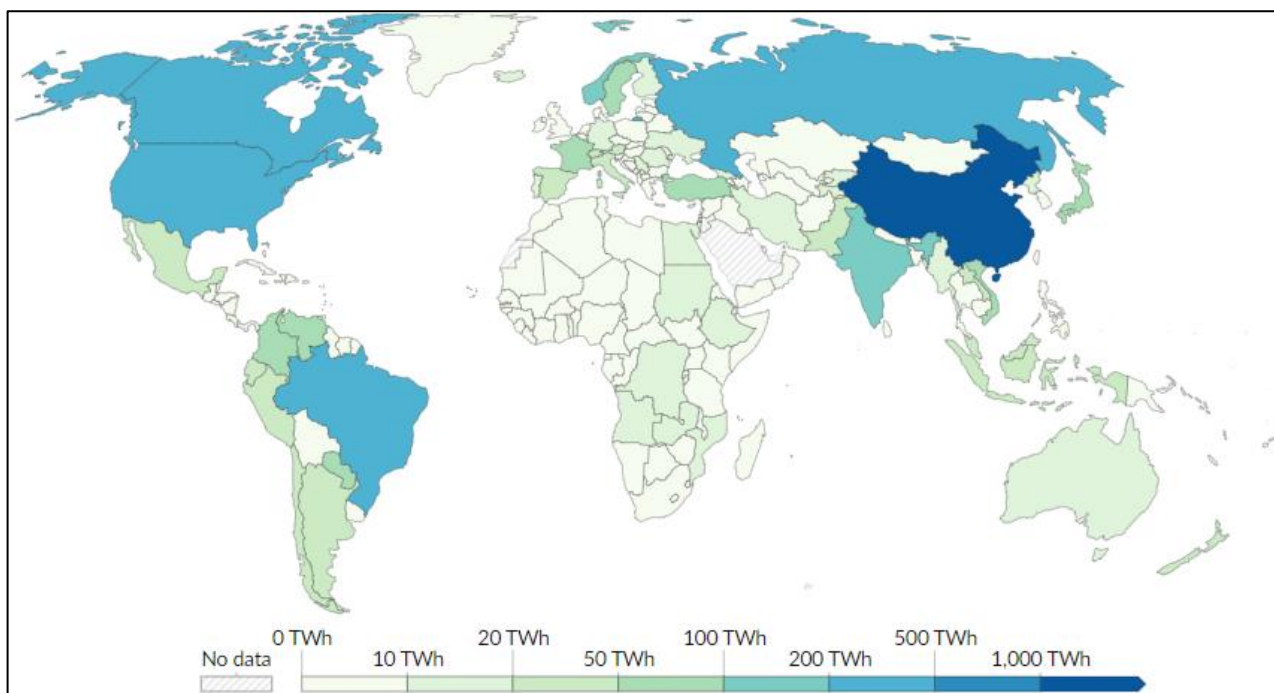
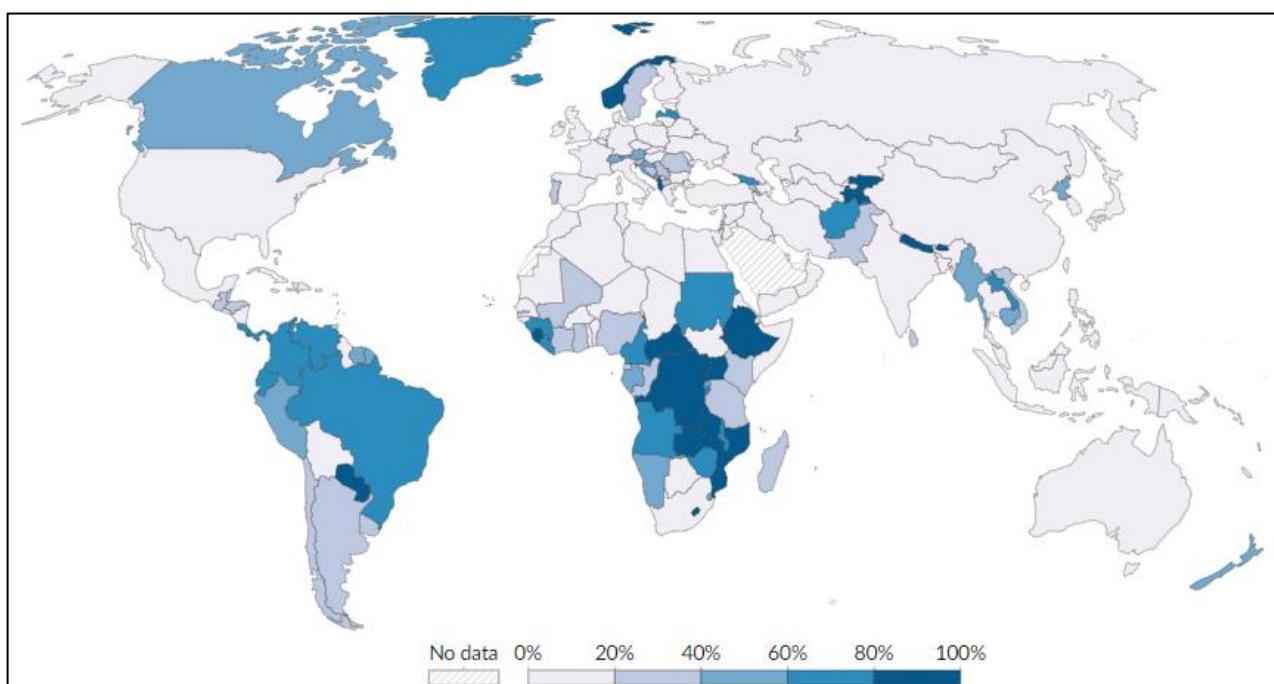


Рис. 3.7. Структура виробництва гідроенергії за регіонами світу в 2023 р. (ТВт*год. / % від загального обсягу) (побудовано за [48])

В 2023 р. в світі було вироблено 2304,44 ТВт*год. вітрової електроенергії. Майже половину світової вітрової електроенергії виробили країни Азії – 43,2 % (рис. 3.9). Країнами-лідерами за виробництвом вітрової електроенергії в 2023 р. стали Китай, США, Німеччина, Бразилія, Велика Британія, Індія, Іспанія,



кВт*год.



% від загального обсягу виробленої електроенергії

Рис. 3.8. Виробництво гідроенергії за країнами світу в 2023 р. [48-49]

Франція, Канада і Швеція (від 1245,17 ТВт*год. в Китаї до 34,72ТВт*год. у Швеції). За питомою вагою вітрової енергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Данія (більше 50 %), Литва, Люксембург, Уругвай, Ірландія (більше 30 %) (рис. 3.10).

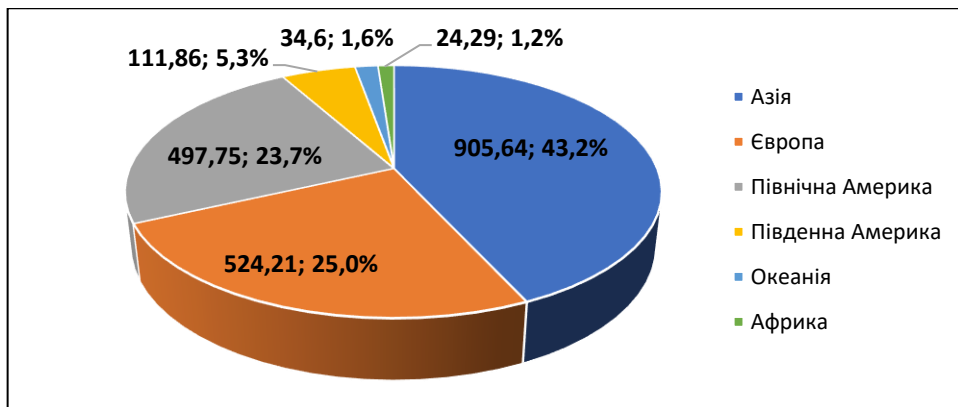
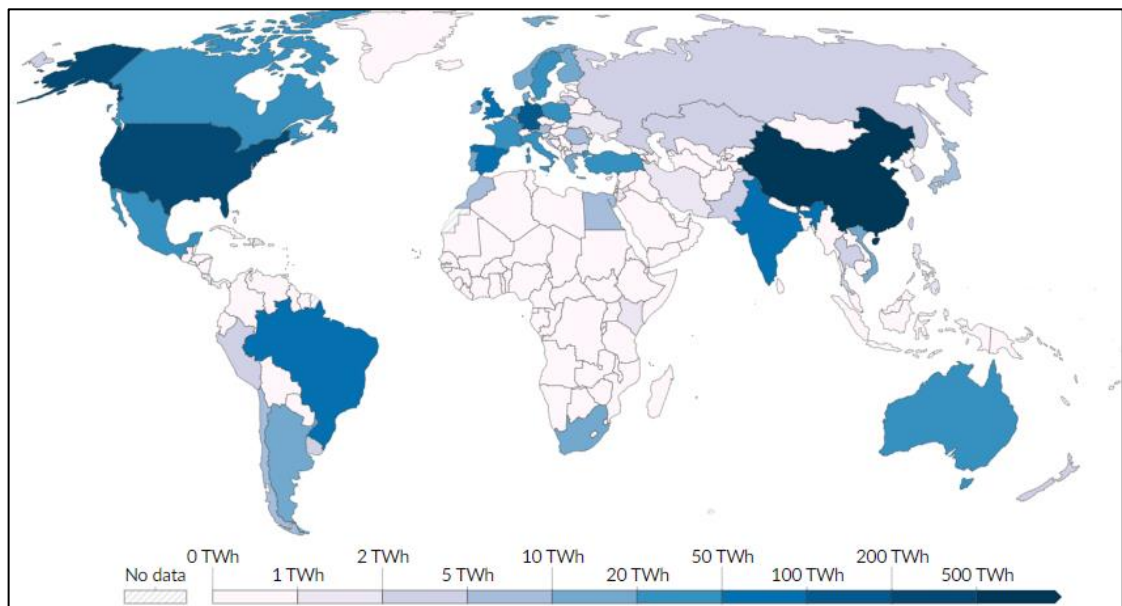
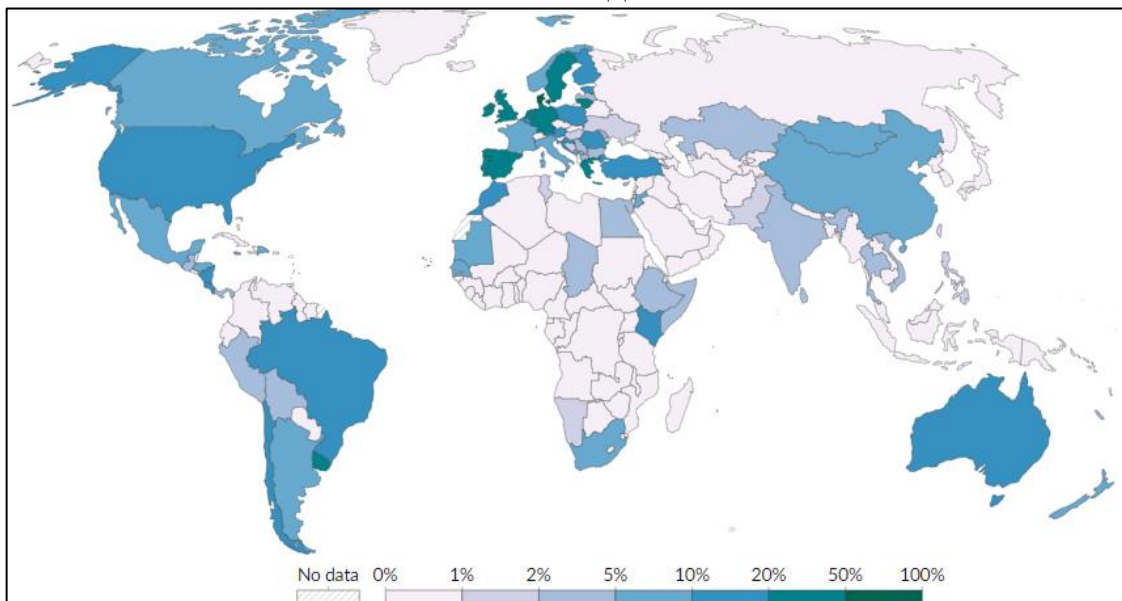


Рис. 3.9. Структура виробництва вітрової електроенергії за регіонами світу в 2023 р. (ТВт*год. / % від загального обсягу) (побудовано за [50])



кВт*год.



% від загального обсягу виробленої електроенергії

Рис. 3.10. Виробництво вітрової електроенергії за країнами світу в 2023 р. [50-51]

В 2023 р. в світі було вироблено 1629,90 ТВт*год. сонячної електроенергії. Більше половини світової сонячної електроенергії виробили країни Азії – 56,1 % (рис. 3.11). Країнами-лідерами за виробництвом сонячної електроенергії в 2023 р. стали Китай, США, Індія, Японія, Німеччина, Бразилія, Австралія, Іспанія, Італія та Південна Корея (від 584,15 ТВт*год. в Китаї до 29,37ТВт*год. у Південній Кореї). За питомою вагою сонячної енергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Намібія (37 %), Люксембург, Палестина, Мальта, Йемен (більше 20 %) (рис. 3.12).

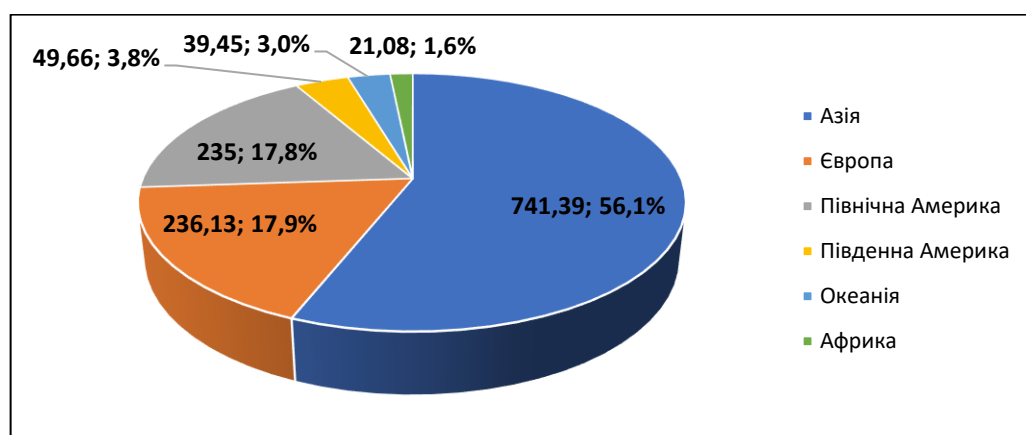
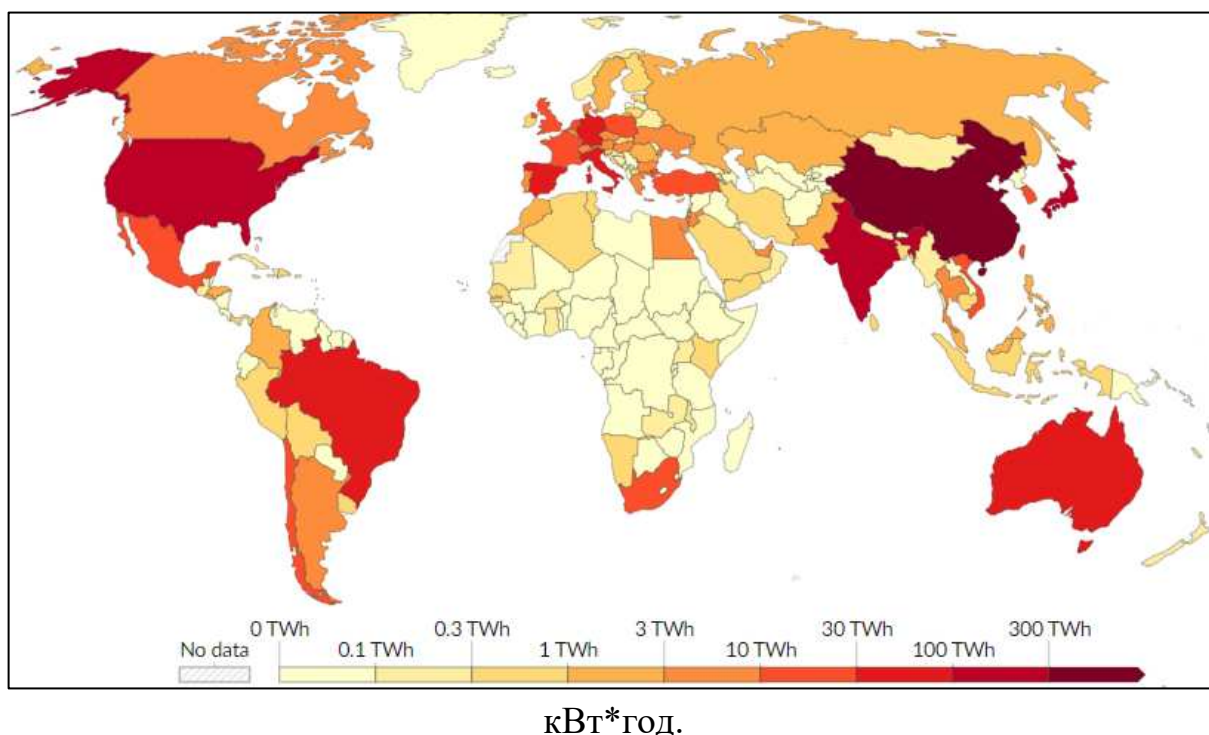
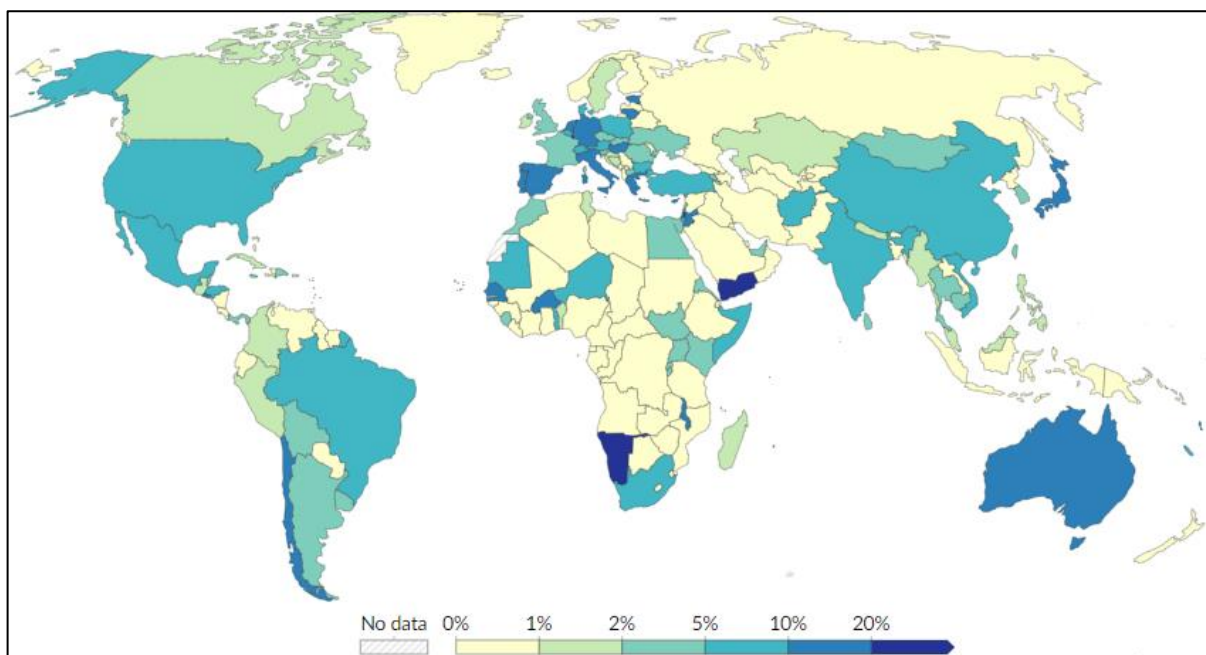


Рис. 3.11. Структура виробництва сонячної електроенергії за регіонами світу в 2023 р. (ТВт*год. / % від загального обсягу) (побудовано за [52])





% від загального обсягу виробленої електроенергії

Рис. 3.12. Виробництво сонячної електроенергії за країнами світу у 2023 р. [52-53]

В 2022 р. в світі було вироблено 1187,20 ТВт*год. електроенергії з біомаси. 2/5 світової електроенергії з біомаси виробили країни Північної Америки – 39,2 %, ще чверть – країни Південної Америки (24,9 %) (рис. 3.13). Країнами-лідерами за виробництвом електроенергії з біомаси в 2022 р. стали США, Бразилія, Індонезія, Китай, Німеччина, Аргентина, Індія, Нідерланди, Таїланд і Франція (від 451,83 ТВт*год. в Китаї до 21,68ТВт*год. у Франції) (рис. 3.14).

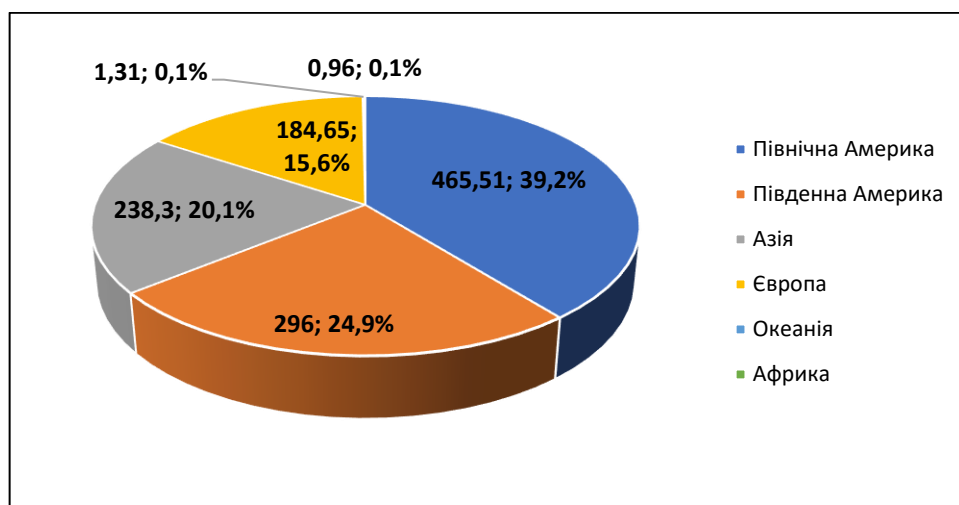


Рис. 3.13. Структура виробництва електроенергії з біомаси за регіонами світу в 2022 р. (ТВт*год. / % від загального обсягу) (побудовано за [54])

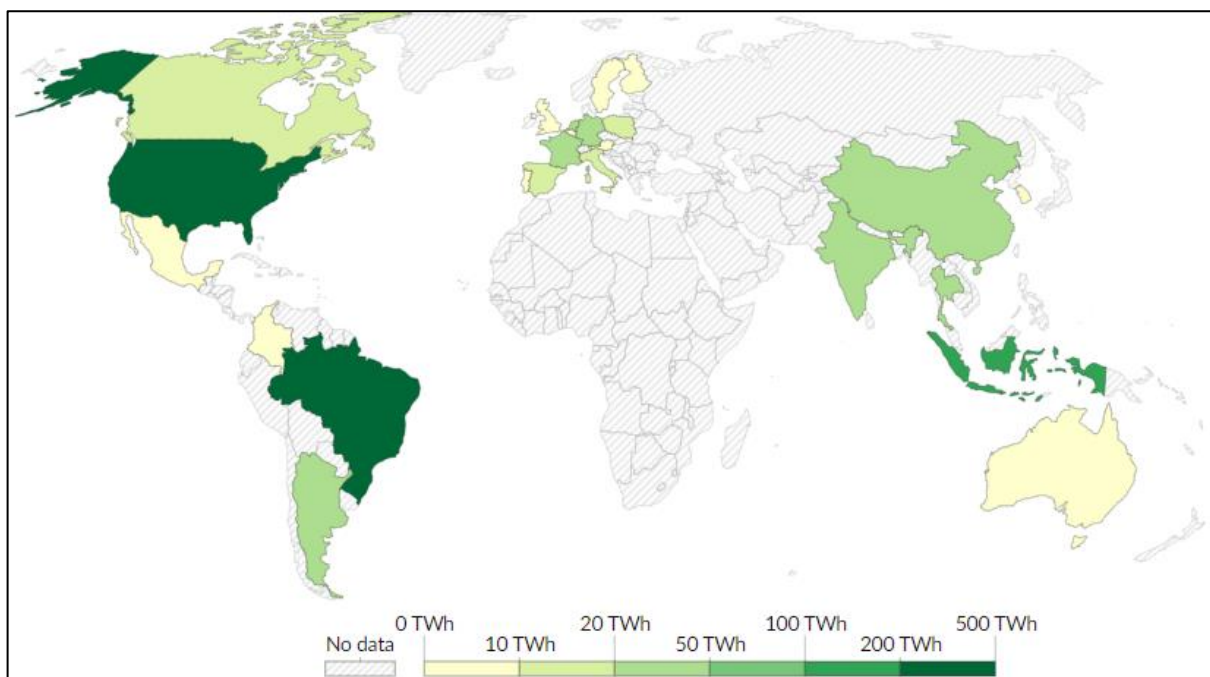


Рис. 3.14. Виробництво електроенергії з біомаси за країнами світу у 2022 р. [54]

В 2022 р. встановлена потужність геотермальної енергетики в світі становила 14876,51 МВ. Понад 2/5 світової потужності геотермальної енергетики припадає на країни Азії – 43,0 %, ще майже третина – на країни Південної Америки (29,8 %) (рис. 3.15). Країнами-лідерами за встановленою потужністю геотермальної енергетики в 2022 р. стали США, Індонезія, Філіппіни, Туреччина, Нова Зеландія, Мексика, Кенія, Італія, Ісландія і Японія (від 2652,60 МВ у США до 431,0 МВ у Японії) (рис. 3.16).

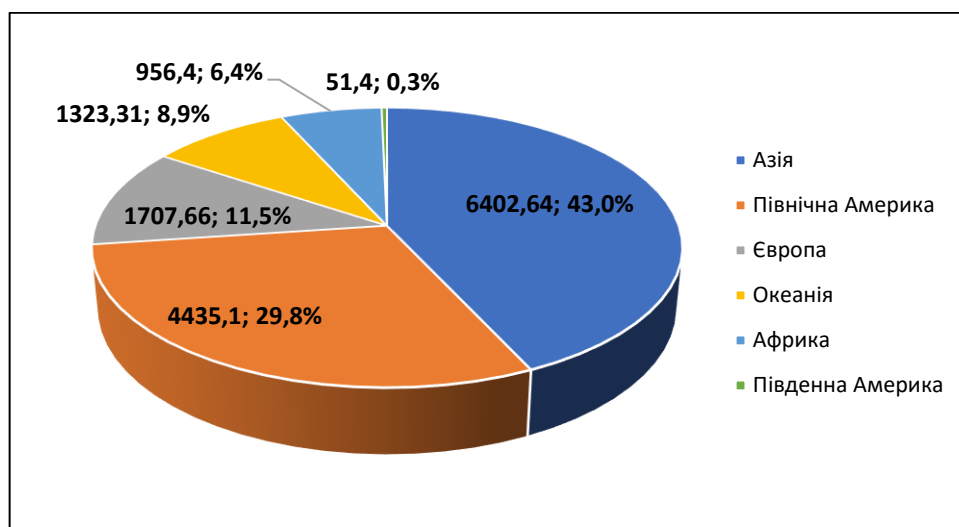


Рис. 3.15. Встановлена потужність геотермальної енергетики за регіонами світу в 2022 р. (МВ / % від загального обсягу) (побудовано за [55])

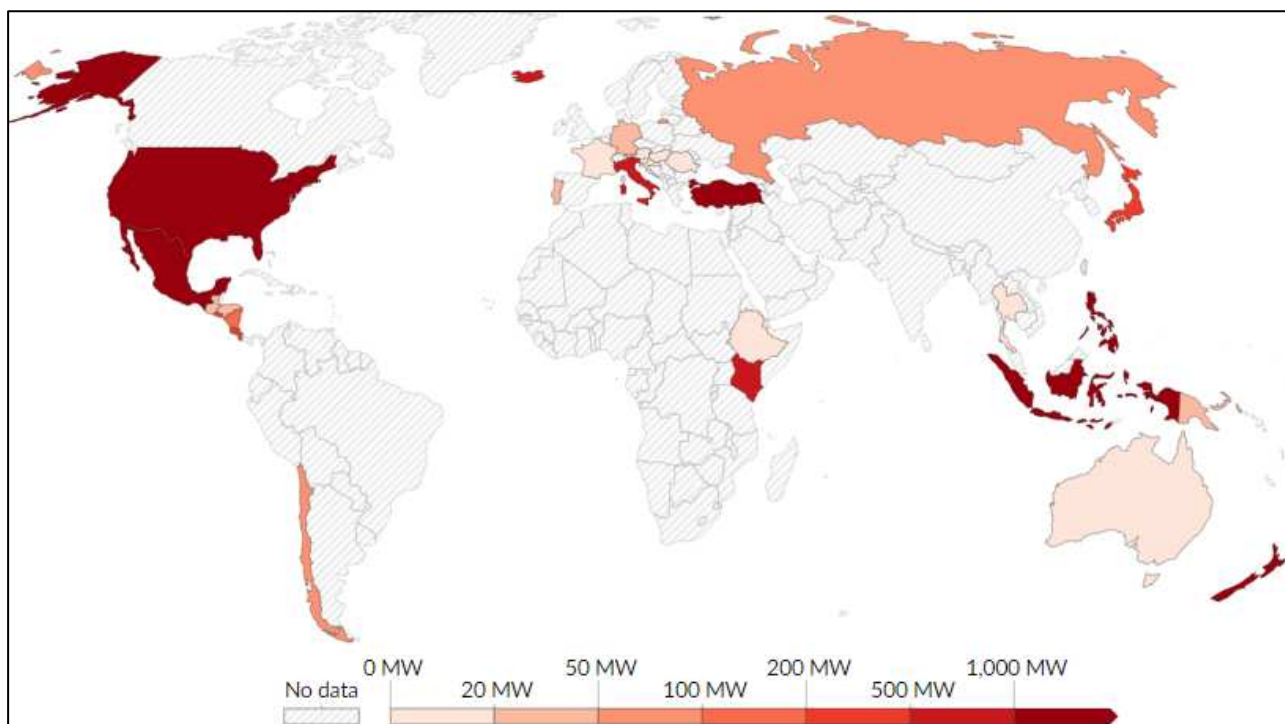


Рис. 3.16. Встановлена потужність геотермальної енергії за країнами світу в 2022 р. [55]

3.3.1. Європа та країни ЄС. Розуміння того, що люди впливають на клімат, відбулося в 1980-х роках. Відповідно до Кіотського протоколу 1997 р., ЄС зобов'язались скоротити викиди на 8 % до 2012 р. порівнюючи з рівнем 1990 р. У тому ж році Амстердамський договір включив стійкий розвиток як наскрізну мету. Основною перешкодою для транскордонної торгівлі була монополістична структура національних ринків передачі та виробництва електроенергії, що заважало третім сторонам отримати доступ до енергетичних мереж. Для вирішення цієї проблеми, в 1996 і 2003 рр. ЄС прийняв перші директиви, спрямовані на посилення конкуренції на енергетичному ринку та забезпечення вільного вибору серед постачальників електроенергії. Аналогічні газові директиви були прийняті в 1998 і 2003 рр. Третій пакет законів енергетичного ринку 2009 р. був спрямований на поділ вертикально інтегрованих енергетичних компаній.

Лісабонський договір 2009 р. вперше містив окремий розділ про енергетику. В ньому було окреслено цілі енергетичної політики ЄС, а саме: «забезпечення функціонування енергетичного ринку; забезпечення безпеки енергопостачання в Союзі; сприяння енергоефективності та енергозбереження, а

також розвитку нових і відновлювальних форм енергії; сприяння об'єднанню енергомереж» [28].

Потреба в вугіллі в більшій частині Європи знижується (рис. 3.17), і 55 % електроенергії зараз виробляється з чистих джерел, з них 35 % – з відновлювальних джерел (табл. 3.1), у тому числі, 15 % – з енергії води і 16% – з енергії вітру і Сонця [24; 28]. Більше того, декілька європейських країн, зокрема Данія та Німеччина, просунулися вперед та інвестували в новаторські відновлювальні джерела енергії, незважаючи на їх очевидну витратність і недоведену ефективність. Сьогодні низьковуглецева енергетика більше не є маргіальною технологією. На неї припадає значна частина потужностей нового покоління протягом восьми років поспіль, а в 2019 р. галузь забезпечила 19 % кінцевого споживання [12].



Рис. 3.17. Падіння виробництва електроенергії з вугілля та газу в ЄС [24]

Серед країн Європи за часткою відновлювальної електроенергії в структурі виробництва електроенергії в 2023 р. лідирували Албанія, Ісландія (100 %), Норвегія (98,5 %), Люксембург (92,1 %), Данія (87,6 %), Австрія (84,5 %). Найменша частка відновлювальної енергетики характерна для Білорусі (3,4 %) і Молдови (9,7 %) (рис. 3.18) [44]. В результаті кластерного аналізу були визначені групи країн Європи за подібністю споживання відновлювальної електроенергії (рис. 3.19).

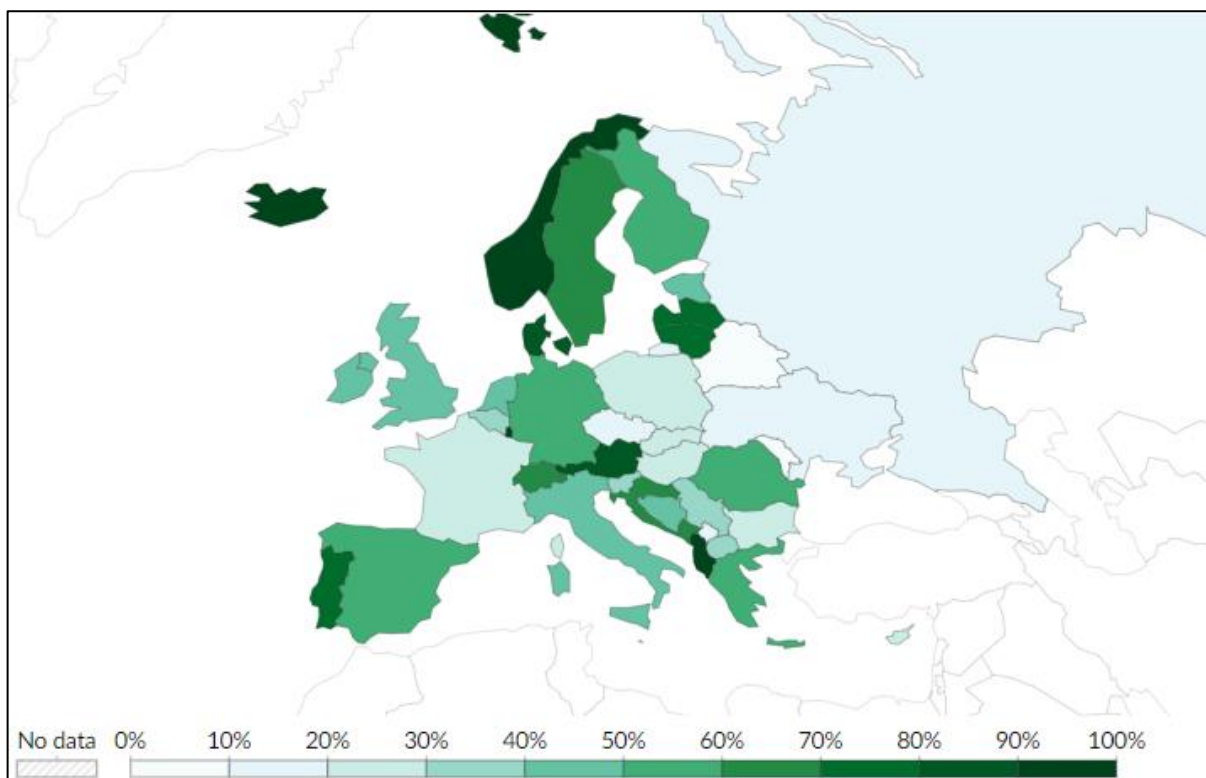


Рис. 3.18. Частка відновлювальної електроенергії за країнами Європи у 2023 р. [44]

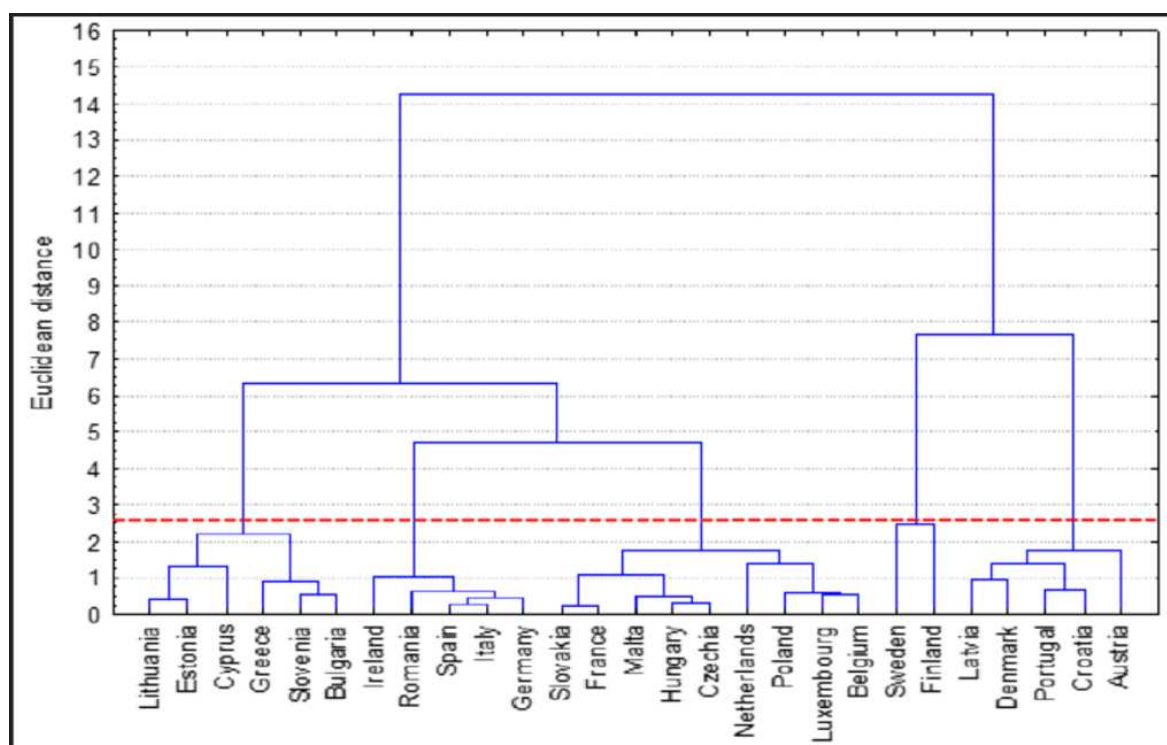


Рис. 3.19. Дендрограма кластеризації країн Європи за подібністю споживання відновлювальної електроенергії в 2019 р. (побудовано автором)

Сектор відновлювальної енергетики є важливим роботодавцем, забезпечуючи в 2014 р. понад мільйон робочих місць у Європі. За кількістю

робочих місць на душу населення європейський сектор відновлювальної енергетики в 2014 р. став другим у світі. Зараз він займає п'яте місце, поступаючись Китаю, США, Японії та Бразилії. Більшість робочих місць створені в сонячній і вітровій енергетиці, а також у виробництві електроенергії з біомаси. Ці технології показують найшвидші темпи зростання у світі та найбільш виражене зниження витрат за останні роки.

Енергетична політика ЄС зазнає значних змін. Спостерігаються не тільки перехід від викопного палива до відновлювальної енергетики, але й нові моделі власності, зростаюча децентралізація і демократизація енергопостачання й розподілу. Європа має історичну місію: служити глобальною моделлю для енергетичного переходу та екоінновацій, а також прикладом боротьби з глобальним потеплінням [28].

3.3.2. Країни Азії та їх успіхи в відновлювальній енергетиці. Азійські країни пропонують важливі можливості для інвестування в активи відновлювальної енергетики, підкріплені урядовими амбіціями досягти вуглецевої нейтральності. Очікується, що до 2051 р. Азійсько-Тихоокеанський регіон залучить близько 40 % усіх світових інвестицій в альтернативну енергетику, з особливим акцентом на Південно-Східну Азію. Регіон є ідеальним місцем для задоволення потреб у відновлювальній енергетиці: зростання населення, підвищення попиту, тиск на пропозицію, багаті відновлювальні ресурси та сприятливе бізнес-середовище для залучення коштів. Азія прагне до чітко сформульованого довгострокового планування, починаючи від п'ятирічних блоків і закінчуючи цілями, розрахованими на кілька поколінь. З цих планів зрозуміло, що альтернативні джерела енергії є частиною амбіцій багатьох азійських країн [12].

Серед країн Азії за часткою відновлювальної електроенергії в структурі виробництва електроенергії в 2023 р. лідирували Бутан, Непал (100 %), Таджикистан (89,4 %), Киргизія (85,9 %), Афганістан (84,3 %), Грузія (76,1 %), Лаос (73,0 %). Найменша частка відновлювальної енергетики характерна для Брунея, Східного Тимору, Бахрейна, Туркменістана (0 %) (рис. 3.20) [44].

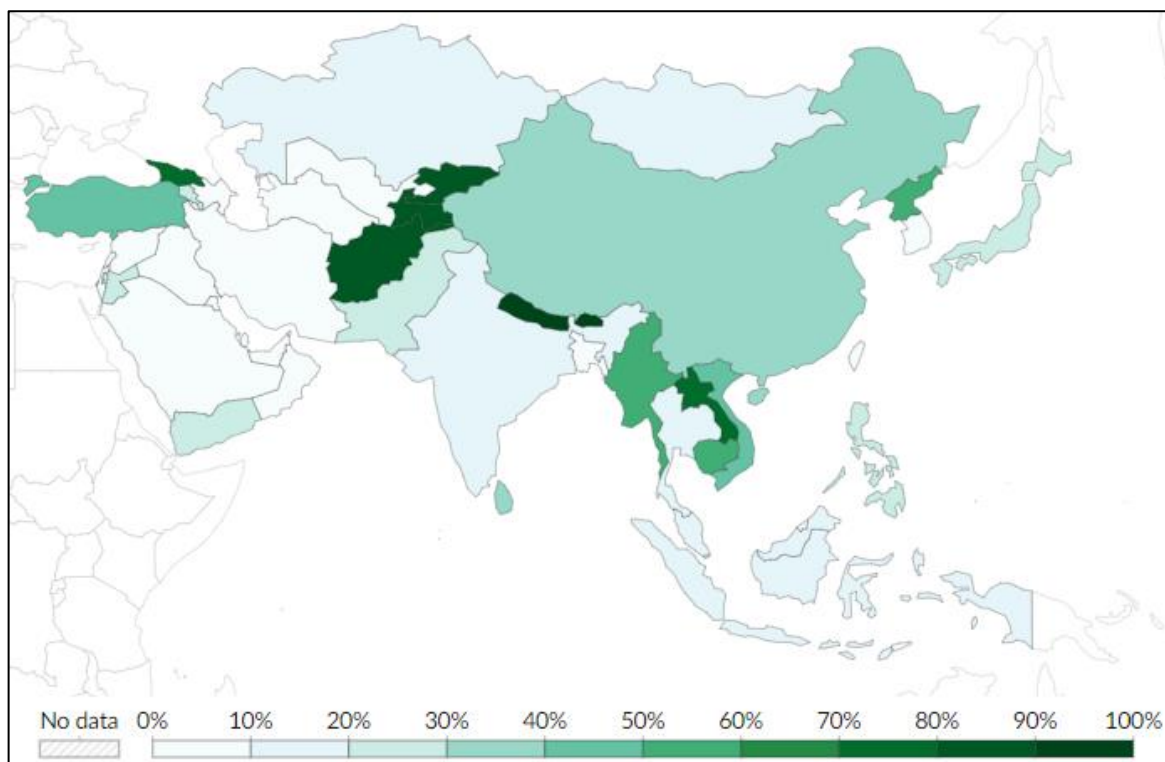


Рис. 3.20. Частка відновлювальної електроенергії
за країнами Азії у 2023 р. [44]

Японія є важливою країною регіону за потужностями відновлювальної енергетики, яка постійно збільшує виробництво «чистої» електроенергії. Частка відновлювальної енергетики в загальному виробництві електроенергії Японії в 2022 р. склала 23,8 %, що на 9,1 % більше 2016 р. [44]. Найбільше зросла питома вага сонячної енергетики (з 4,4 % до 9,9 %) і виробництво електроенергії з біомаси (з 1,9 % до 4,6 %) (табл. 3.2, рис. 3.21).

Таблиця 3.2

**Динаміка структури виробництва електроенергії Японії
в 2016-2022 рр. (складено за [44])**

Джерело електроенергії	Роки						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Викопне паливо	83,6%	79,7%	77,9%	75,0%	74,9%	71,7%	72,4%
Природний газ	38,9%	38,4%	37,4%	36,0%	35,4%	31,7%	29,9%
Вугілля	30,8%	30,2%	28,2%	27,8%	27,6%	26,5%	27,8%
Відновлювальні джерела (загалом)	14,7%	16,1%	17,4%	18,5%	20,8%	22,4%	22,7%
Гідроенергія	7,6%	7,7%	7,8%	7,4%	7,9%	7,8%	7,1%
Змінна відновлювальна енергія	5,0%	6,2%	7,2%	8,2%	9,4%	10,2%	10,8%

Продовження табл. 3.2

Сонячна енергія	4,4%	5,6%	6,5%	7,4%	8,5%	9,3%	9,9%
Біомаса	1,9%	2,0%	2,3%	2,7%	3,2%	4,1%	4,6%
Ядерна енергія	1,7%	2,8%	4,7%	6,5%	4,3%	5,9%	4,8%
Вітрова енергія	0,5%	0,6%	0,7%	0,8%	0,9%	0,9%	0,9%
Геотермальна енергія	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	0,3%

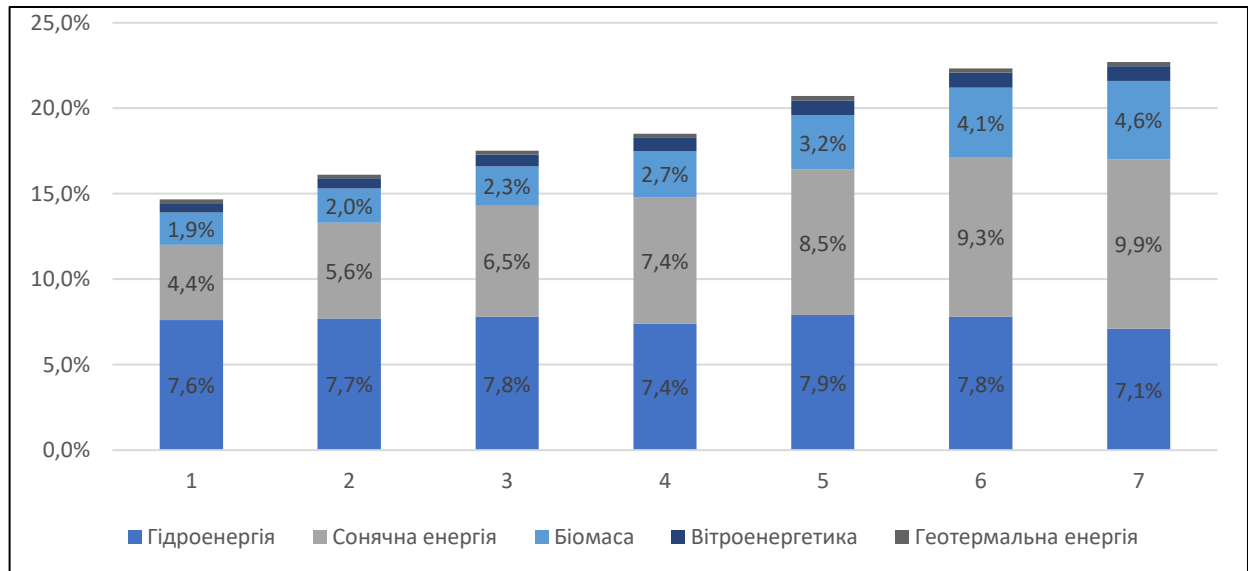


Рис. 3.21. Динаміка структури виробництва електроенергії Японії в 2016-2022 рр. (побудовано за [44])

Сінгапур. Незважаючи на географічні обмеження та політичну ситуацію, Сінгапур відомий своєю сучасною інфраструктурою і фокусується на технічному прогресі. Ці дві особливості, а також постійний пошук урядом екологічних та стійких енергетичних рішень доповнюють потенціал відновлювальної енергетики Сінгапуру. І хоча частка відновлювальної енергетики в енергетичному комплексі Сінгапуру не значна (4,5 %), динаміка галузі досить значна (рис. 3.22).

Сонячна енергія є найбільш перспективним і масовим джерелом відновлювальної енергії для виробництва електроенергії в Сінгапурі. Сінгапур отримує приблизно на 50 % більше сонячної радіації, ніж країни помірного клімату. Країна зробила великий крок після 2014 р., тепер можна знайти сонячні

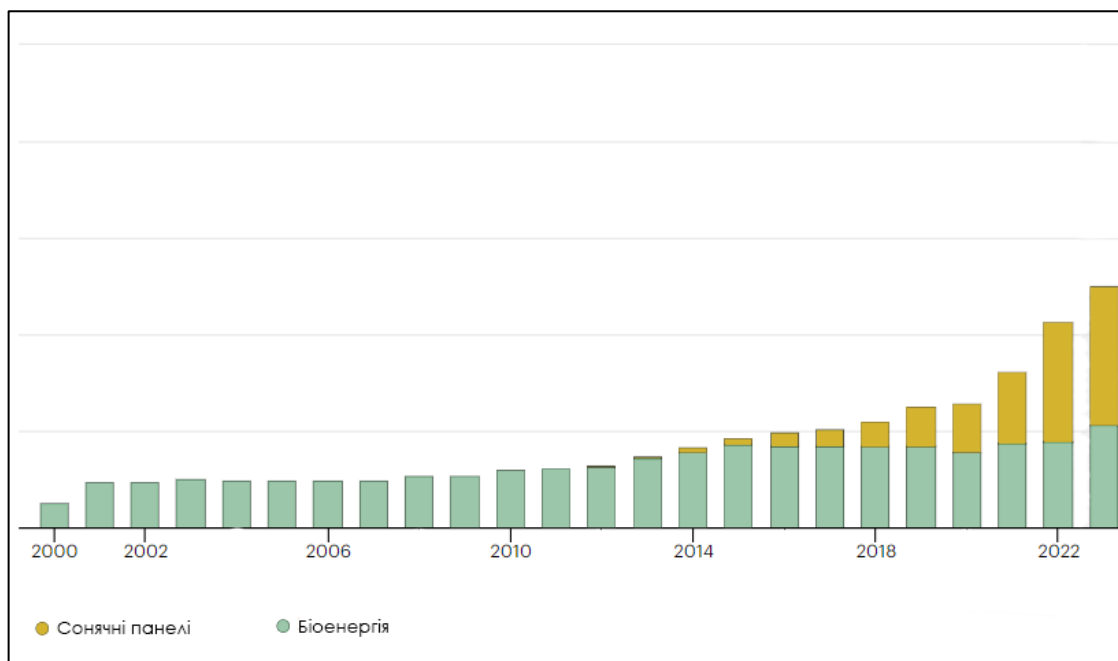


Рис. 3.22. Виробництво відновлювальної електроенергії в Сінгапурі в 2000-2022 рр. [7]

батареї на дахах багатьох громадських і комерційних будівель, внутрішніх плавучих систем, туристичних пам'яток тощо. Сінгапур також перетворює більшу частину своїх відходів в біоенергетику. Багатофункціональний комплекс Tembus (TMUC) на острові Джуронг має установку для когенерації біомаси та чистого вугілля, оптимізовану для виробництва пари та енергії [28]. Планується до 2030 року виробити не менше 2 ГВт*год. сонячної електроенергії, що еквівалентно постачанню електроенергії приблизно 350 тис. домогосподарств [37; 33; 39]

Китай. Частка відновлювальної енергетики в енергетичному комплексі Китаю в 2023 р. становила 30,7 %. І хоча за цим показником Китай поступається багатьом країнам регіону, за абсолютними обсягами виробленої відновлювальної електроенергії країна займає беззаперечне перше місце в світі (2670,17 ТВт*год. у 2022 р.) (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Динаміка виробництва електроенергії в Китаї за джерелами (ГВт*год.)
у 2008-2023 рр. (складено за [26])**

Рік	ВСЬОГО	Відновлювальна електроенергія						
		гідро	вітер	геліо	біо	шео	разом	
							ГВт*год.	%
2008	3,481,985	585,187	14,8	152	14,715	144	615,005	17.66%
2009	3,741,961	615,64	26,9	279	20,7	125	663,651	17.74%
2010	4,207,993	722,172	44,622	699	24,75	125	801,441	19.05%
2011	4,715,761	698,945	70,331	2,604	31,5	125	814,288	17.27%
2012	4,994,038	872,107	95,978	6,344	33,7	125	1,019,238	20.41%
2013	5,447,231	920,291	141,197	15,451	38,3	109	1,127,686	20.70%
2014	5,678,945	1,064,337	156,078	29,195	44,437	125	1,307,170	23.02%
2015	5,859,958	1,130,270	185,766	45,225	52,7	125	1,425,180	24.32%
2016	6,217,907	1,193,374	237,071	75,256	64,7	125	1,581,979	25.44%
2017	6,452,900	1,194,700	304,6	117,8			1,700,000	26.34%
2018	6,994,700	1,232,100	365,8	176,9	93,6		1,868,400	26.71%
2019	7,326,900	1,302,100	405,3	224	112,6		2,044,000	27.76%
2020	7,623,600	1,355,200	466,5	261,1			2,082,800	27.32%
2021	8,376,800	1,340,100	655,6	327			2,322,700	27.73%
2022	8,848,710	1,352,200	762,67	427,27			2,542,120	28.73%
2023	9,456.440	1,285,850	885,87	584,15			2,755,880	29.14%

Китай є лідером за темпами розвитку низьковуглецевої енергетики. У 2022 р. на країну припадало 46 % потужності вітрових і сонячних генераторів, введених в експлуатацію у світі (123,1 ГВт з 266,2 ГВт за даними IRENA). Розвитку галузі сприяє внутрішня ресурсна база: у 2022 р. на Китай припадало 68 % світового виробництва кремнію – ключового елемента сонячних панелей, а також друге (14%) і четверте (9%) місця у виробництві срібла і міді, які також використовуються в сонячних панелях. Згідно даних Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), в період з 2015 по 2023 рр. виробництво сонячних панелей та літій-іонних акумуляторів у Китаї зросло на 880 % та 330 % відповідно. Серед інших галузей промисловості Китаю співставні темпи зростання продемонстрували мікрочіпи, виробництво яких за той самий період збільшилося майже на 220 %.

Китай вже більше десяти років є лідером за виробництвом відновлювальної енергії. Його позиції зростають завдяки швидкому розширенню

вітрової та сонячної енергетики в останні роки. За даними Центру досліджень чистого повітря та енергетики, цього року країна побудує стільки ж нових сонячних потужностей, скільки у США [27].

Сонячна енергетика зосереджена в західному Китаї, де великі території і дешева електроенергія стимулювали розвиток потужних баз чистої енергії. Реальне використання альтернативної енергії відстає від величезного потенціалу китайських геліо- і вітроелектростанцій, частково через технічні недосконалості, пов'язані з передачею енергії на великі відстані до східних населених пунктів. Як і в багатьох інших країнах, існують також проблеми інтеграції змінної відновлювальної енергії в управління попитом і пропозицією [33].

Потенціал відновлювальної енергетики Близького Сходу. Надзвичайно багаті запаси нафти і газу в країнах Близького Сходу стали стримуючим фактором для розвитку відновлювальної енергетики в регіоні. Традиційна енергетика (в основному на природному газу) домінує в регіональному енергетичному балансі і складає понад 90 % всього виробництва електроенергії. Комбіноване використання відновлювальних джерел енергії на Близькому Сході мінімальне, але все більше і більше країн регіону розглядають альтернативи місцевим запасам нафти і газу для виробництва електроенергії, враховуючи екологічно-економічні вигоди. Так, прогнозований потенціал фотоелектричної енергії, зосередженої в Саудівській Аравії протягом наступних 20 років, становить приблизно 28 ГВт*год. Східна, південна і південно-східна території Близького Сходу мають великий потенціал для вітрової енергетики (рис. 3.23).

В останні роки з'явилося багато проектів з розвитку низьковуглецевої енергетики на Близькому Сході. Це говорить про те, що регіон поступово рухається до стійкого розвитку. Незважаючи на нещодавні ініціативи щодо зменшення залежності від традиційного палива, зовнішні фактори, зокрема українсько-російська війна, призупинили будь-який помітний прогрес. Санкції, введені проти Росії – другого за величиною в світі постачальника природного газу після Північної Америки – змусили решту світу шукати інші джерела постачання, що, як очікується, призведе до збільшення видобутку природного газу на Близькому Сході протягом наступного десятиліття [31; 33].

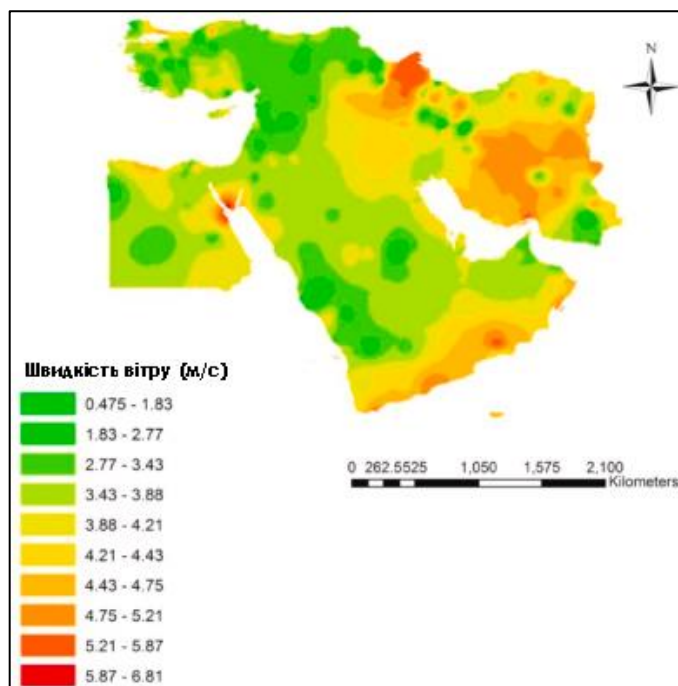


Рис. 3.23. Вітрові ресурси на Близькому Сході [8]

3.3.3. Австралія. В щорічному звіті Ради з чистої енергії відзначається, що інвестиції в відновлювальні джерела електроенергії в Австралії в 2023 р. показали «тривожне» уповільнення. При цьому кількість фінансових дозволів на будівництво нових сонячних електростанцій впала більше ніж на третину. Жодна нова вітрова електростанція не отримала підтримки. Наприкінці 2023 р. в Австралії було реалізовано всього 56 проектів відновлювальної енергетики (в 2022 р. – 72 проекти) загальною потужністю близько 7,5 ГВт (в 2022 р. – 9,5 ГВт). Всього на нові проекти в 2023 р. було залучено 1,5 млрд. доларів (в 2022 р. – 6,5 млрд. доларів) [12].

У 2023 р. відновлювальні джерела енергії забезпечили рекордні 39,4 % від усієї електроенергетики Австралії на чолі з вітроенергетикою (13,4 %). Дахові сонячні електростанції вперше подолали позначку 10 %, досягнувши частки в 11,2 % і випередили сонячні електростанції з часткою 7 % і гідроенергетику з часткою 6,5 %. Близько 3,7 млн. австралійських будинків тепер мають сонячні батареї, при цьому 337498 систем додані в 2023 р., що є другим показником після 2021 р. Ще одна позитивна тенденція стосується сонячних батарей. До кінця 2023 р. було побудовано 27 масштабних проектів батарей загальною потужністю 5 ГВт*год або 11 ГВт*год. Це більший результат, ніж ті 19, які були побудовані

наприкінці 2022 р. потужністю 1,4 ГВт*год. і 2 ГВт*год. Нові фінансові зобов'язання за великими батареями також зросли з 1,9 млрд. доларів у 2022 р. до 4,9 млрд. доларів у 2023 р.

3.3.4. Північна і Латинська Америка. Серед країн Північної Америки за часткою відновлювальної електроенергії в структурі виробництва електроенергії в 2023 р. лідирували Коста-Ріка (95,8 %), Беліз (80,7 %), Панама (78,2 %). Найменша частка відновлювальної енергетики характерна для Багамських островів і Сент-Люсії (0 %), Пуерто-Ріко (2,6 %) і Гренади (4,0 %) (рис. 3.24) [44].

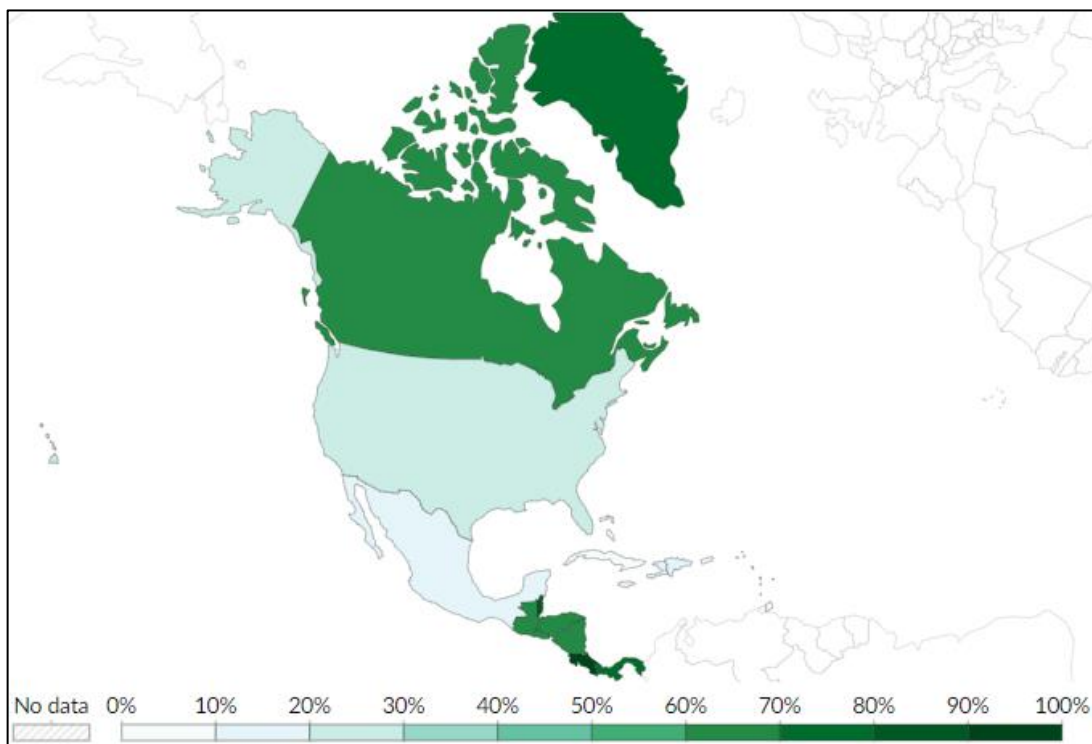


Рис. 3.24. Частка відновлювальної електроенергії за країнами Північної Америки у 2023 р. [44]

Сьогодні викопне паливо становить близько 80 % внутрішнього енерговиробництва **США** (рис. 3.25). Однак ефективність геліо- та вітроенергетики настільки висока, що протягом одного покоління енергетичний баланс країни зміниться.

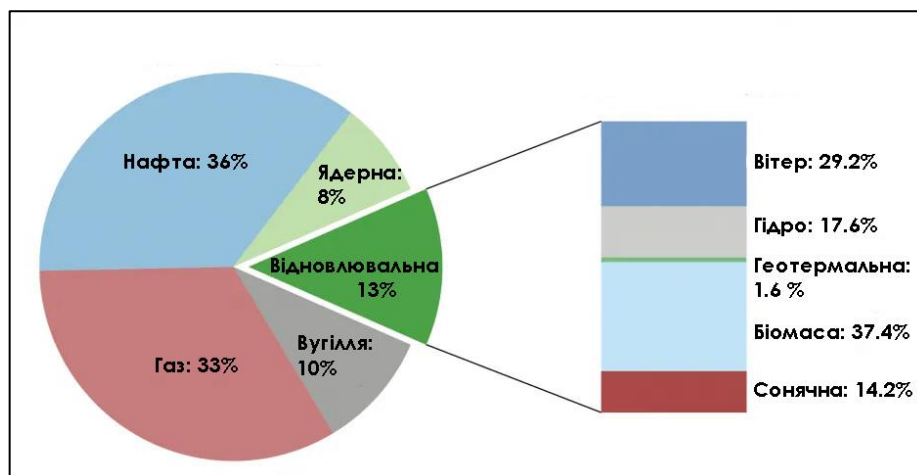


Рис. 3.25. Структура електроенергетики США, 2022 р. [7]

Загальна історія США і Канади – це історія внутрішньої декарбонізації. До 2050 р. частка викопного палива в енергопостачанні країни скоротиться майже наполовину. В основному це можна пов'язати з швидкою електрифікацією, особливо автомобільного транспорту та житлових будинків, а також збільшенням використання геліо- та вітроенергії. Частка відновлювальної електроенергії в кінцевому попиті на електроенергію зросте до 41 % у 2050 р. порівняно з 22,7 % у 2023 р. Сонячна енергія на даний момент є третім за величиною джерелом відновлювальної енергії після гідро- і вітроенергетики. До 2050 р. геліоенергетика збільшиться в 15 разів у порівнянні з поточним рівнем, і стане основним відновлювальним джерелом країни. Історія вітроенергетики ускладнюється, принаймні в короткостроковій перспективі, інфляційним тиском, що впливає на ланцюги поставок. Однак, завдяки Закону про зниження інфляції (IRA) прогнозується, що вітроенергетика зросте у вісім разів до середини століття і складатиме 35 % виробництва електроенергії в США.

Питома вага відновлювальної енергетики *Канади* значно більша, ніж у США, і в 2023 р. складала 66,1 % (рис. 3.26).

Серед країн *Південної Америки* за часткою відновлювальної електроенергії в структурі виробництва електроенергії в 2023 р. лідирували Парагвай (100 %), Уругвай (89,8 %), Бразилія (88,7 %), Еквадор (80,8 %),

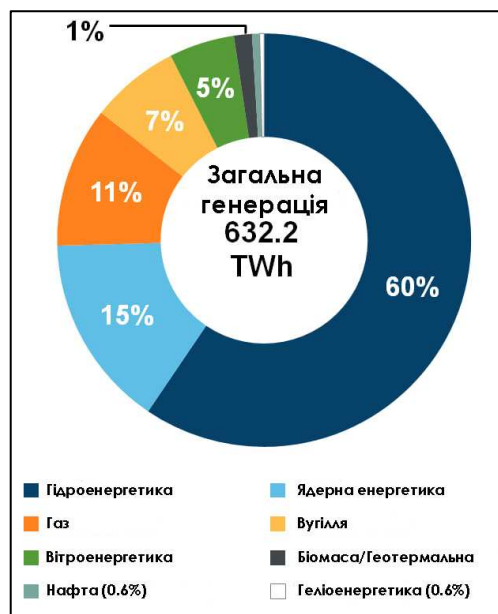


Рис. 3.26. Структура електроенергетики Канади в 2019 р. [7]

Венесуела (77,7 %). Найменша частка відновлювальної енергетики характерна для Тринідаду і Тобаго (0,1 %) і Гайани (1,8 %) (рис. 3.27) [44].

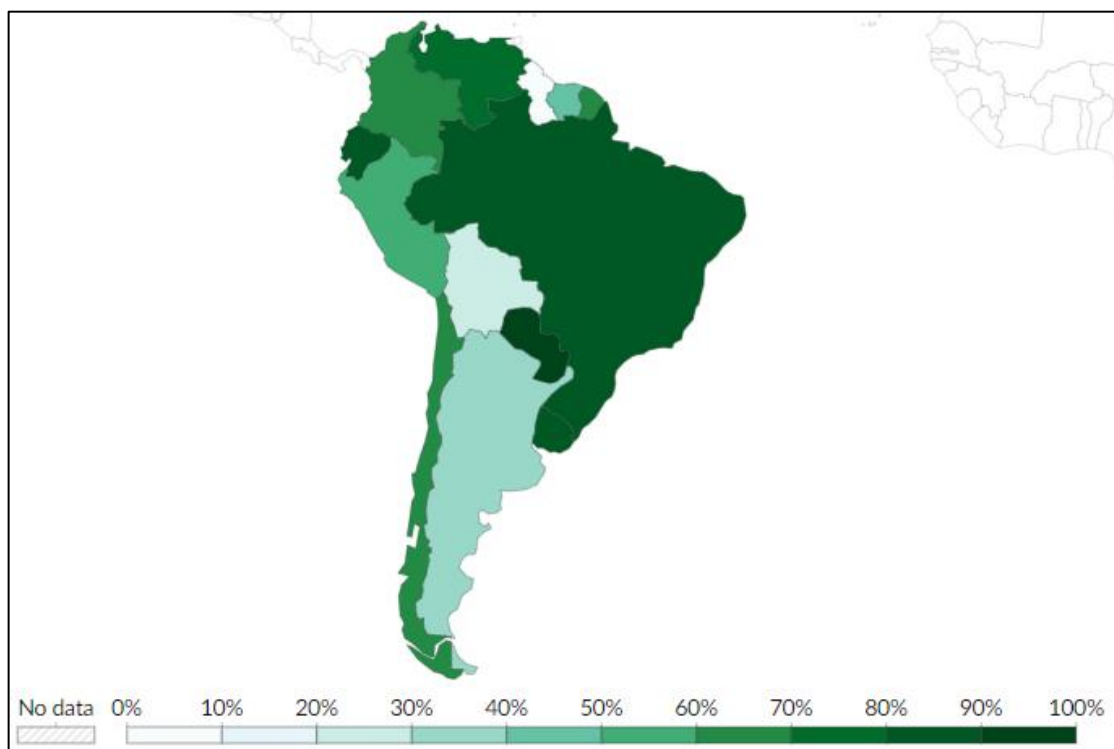


Рис. 3.27. Частка відновлювальної електроенергії за країнами Південної Америки у 2023 р. [44]

Латинська Америка збільшує потужності відновлювальної енергії з вражаючою швидкістю. За даними Міжнародного агентства з відновлювальної

енергетики (IRENA), у 2022 р. в Латинській Америці було введено 18,2 ГВт потужностей, що на 7,4 % більше, ніж у попередніх роках. Це більші темпи зростання, ніж у Північній Америці (6,3 %) і всього трохи нижчі, ніж у Європі (8,8 %). Хоча регіон традиційно покладався на гідроенергетику з мегапроектами, такими як гребля Ітайпу на кордоні Парагваю та Бразилії, зараз він інвестує значні кошти у вітрову та сонячну енергетику.

Планується, що Латинська Америка додасть ще 25 ГВт вітрових і сонячних потужностей в 2023 р. (рис. 3.28), при цьому лідирують Бразилія і Чилі. 15 країн приєдналися до ініціативи «Відновлювальна енергія в Латинській Америці та Карибському басейні», яка передбачає, що до 2030 р. щонайменше 70 % споживання електроенергії має надходити з низьковуглецевих джерел [41].

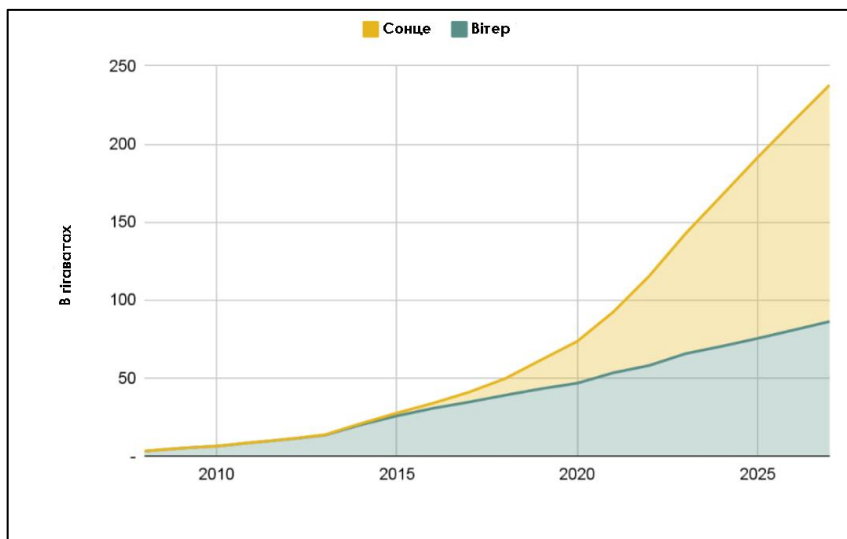


Рис. 3.28. Динаміка виробництва вітрової та сонячної електроенергії в Латинській Америці в 2010-2025 рр. (прогноз) [29]

Крім цієї ініціативи, окремі країни демонструють вражаючі амбіції:

- Коста-Ріка і Колумбія взяли на себе відповідальність досягти нульового рівня викидів до 2050 р. без використання вуглецевих квот;
- Гватемала прагне досягти 80 % відновлювальної енергії до 2027 р.;
- Мексика встановила мандат на виробництво 35 % електроенергії з чистих джерел до 2024 р. [41].

Латинська Америка та Карибський басейн мають досягти загального доступу населення до електроенергії у справедливий та інклюзивний спосіб,

особливо якщо врахувати, що 16,2 мільйона людей у регіоні досі не мають такого доступу.

В даний час підключення до електроенергії в Латинській Америці просувається за допомогою двосторонніх зв'язків і субрегіональних зусиль. Одним з прикладів є Центральноамериканська електрична система взаємозв'язку (SIEPAC), яка досягає інтеграції шести країн Центральної Америки через 1800 км ліній електропередачі. Крім того, висвітлюються ініціативи щодо поглиблення регіонального взаємозв'язку електроенергії. До них відносяться Андійська електрична система взаємозв'язку (SINEA), яка прагне з'єднати Болівію, Колумбію, Чилі, Еквадор і Перу; система енергетичної інтеграції Південного конуса (SIESUR), до якої входять Аргентина, Бразилія, Чилі, Парагвай та Уругвай; і Північна дуга, яка з'єднує Гайану, Суринам, Французьку Гвіану з Бразилією. Ці ініціативи мають важливе значення для консолідації інтегрованого регіонального енергетичного ринку, сприяння ефективності, безпеки та сталого розвитку шляхом спільного використання енергетичних ресурсів.

У Латинській Америці і Карибському басейні вже розроблені деякі проекти зі зберігання накопиченої енергії, які не потребують значних регуляторних змін, як, наприклад, у випадку так званих систем «за лічильником» у Колумбії, Чилі, Домініканській Республіці та Перу. Однак використання цієї технології вимагає правової бази, адаптованої до реалій ринків електроенергії в кожній країні [41].

3.3.5. Країни Африки. Серед Африки за часткою відновлювальної електроенергії в структурі виробництва електроенергії в 2023 р. лідирували ЦАР, ДР Конго, Лесото (100 %), Ефіопія (99,9 %), Уганда (98,9 %), Намібія (96,3 %), Сьєрра-Леоне (95,0 %), Малаві, Кенія, Есватіні (більше 90 %). Найменша частка відновлювальної енергетики характерна для Коморських островів, Джибуті, Гамбії, Гвінеї-Бісау, Лівії (0 %) (рис. 3.29) [44].

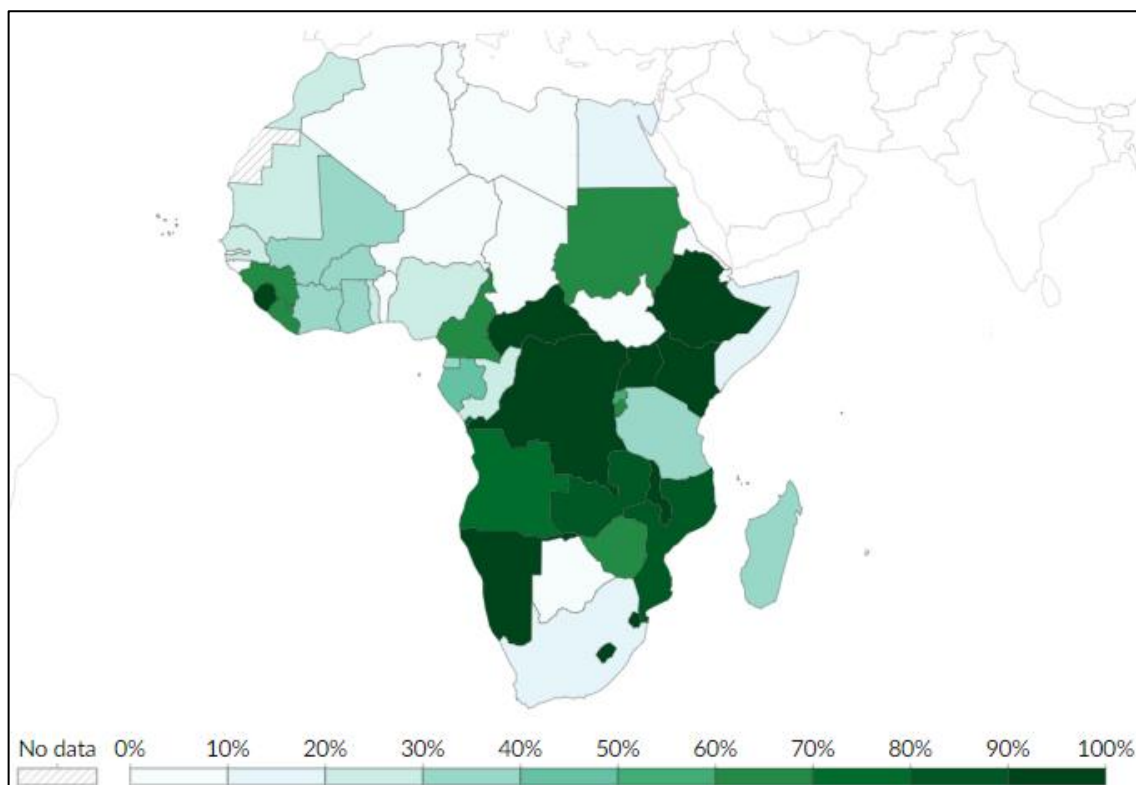


Рис. 3.29. Частка відновлювальної електроенергії за країнами Африки у 2023 р. [44]

Африка – континент з найнижчим рівнем доступу до світових енергоресурсів, тому перед нею стоїть унікальне завдання розвитку своєї енергетичної інфраструктури в умовах глобальної кліматичної кризи. Більше половини населення Африки – близько 600 мільйонів – не мають доступу навіть до мінімальних потреб в електроенергії. Складність питання полягає в тому, як збільшити доступ до електроенергії, не сприяючи глобальному потеплінню і не спираючись на викопне паливо [38].

Потенціал відновлювальної електроенергії в Африці, безсумнівно, величезний, і африканські уряди вже визнали роль, яку відновлювальна енергетика може зіграти у вирішенні проблеми дефіциту електроенергії на континенті. У період з 2010 по 2019 рр. африканські уряди збільшили державні інвестиції у відновлювальну енергетику більш ніж втричі – до 47 мільярдів доларів (з 13,4 мільярдів доларів у попередньому десятилітті). Низьковуглецеві джерела енергії стануть більш важливими у виробництві електроенергії, але дуже поступово: у 2030 р. їхня частка зросте до 65 % встановлених потужностей, а в 2050 р. – до 95 %. Що стосується альтернативних джерел енергії, то сонячна

і вітрова енергетика зростатимуть набагато швидше, ніж гідроенергетика: до 2050 р. близько 70 % встановлених потужностей припадатиме на сонячну енергетику, 20 % – на вітрову і 10 % – на гідроенергетику (рис. 3.30) [38].

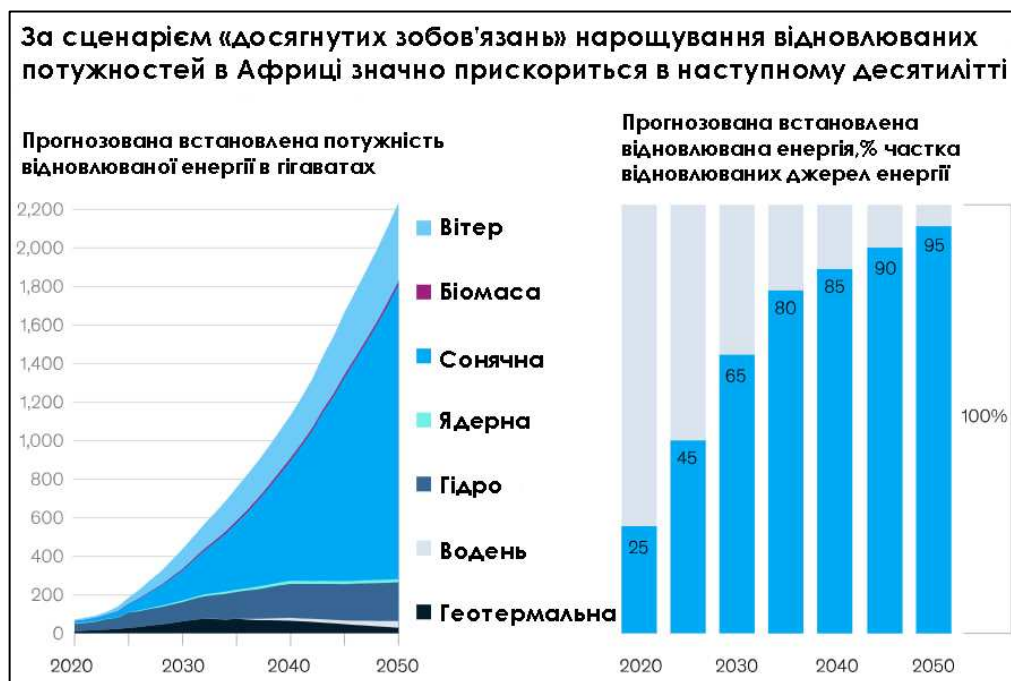


Рис. 3.30. Потужності нарощування відновлювальної енергетики в Африці до 2050 р. [38]

В Африці на даний момент можна виділити декілька країн, які відрізняються більшою активністю в галузі розвитку відновлювальної енергетики, в порівнянні з іншими країнами регіону.

ПАР має значні можливості для вирішення енергетичних проблем за рахунок використання геліо- та вітроенергетики. Загальна площа з високим потенціалом сонячної радіації становить приблизно 194000 км², включаючи Північний Кейп, який є одним з кращих районів сонячних ресурсів у світі. Очікується, що до 2050 р. сонячна енергетика буде забезпечувати до 14 % енергопотреб в країні.

Єгипет планує використовувати гідроенергетику і розвивати сонячну енергетику. Два міністерства в Єгипті, Міністерство електроенергії та енергетики (МОЕЕ) і Міністерство нафти (МОР), здійснюють нагляд за енергетичними секторами для забезпечення виробництва електроенергії.

Нігерія, екваторіальна країна, має великі ресурси сонячної енергії, енергії вітру, гідроенергії та енергії припливів і відпливів. Виробництво відновлювальної електроенергії робить Нігерію дев'ятою економічно і технічно життєздатною африканською країною. Нігерійська енергетична комісія безкоштовно поширює мільйони компактних люмінесцентних ламп для заміни ламп розжарювання.

Марокко став регіональним лідером у відновлювальній енергетиці, зокрема сонячній. В країні розташована одна з найбільших концентрованих сонячних електростанцій у світі – *сонячний комплекс Нур Уарзазат*. На відміну від звичайних сонячних панелей, які передають енергію безпосередньо в мережу, вигнуті за спеціальним кутом дзеркала концентрують випромінювання і спрямовують його в труби з рідиною, які живлять джерело живлення. Пристрій зберігає енергію для подальшого використання, особливо вночі, коли попит на неї вищий. Марокко має амбітні цілі відновлювальної енергетики й активно працює над зменшенням своєї залежності від викопного палива. До 2050 р. Марокко стане глобальним центром виробництва «зеленого» водню та увійде в п'ятірку найбільших виробників у світі, оскільки країна має твердий намір стати одним з головних експортерів «зеленого» водню в Європу.

Кенія є ветераном відновлювальної енергетики в Східній Африці. Вона досягла значного прогресу у використанні геотермальної енергії. Про це свідчить найбільший геотермальний завод в Африці – Олкарія. Уряд і Fortescue Future Industries (Австралія) планують побудувати в Найваші геотермальну електростанцію потужністю 300 МВт. Кенія також отримала значні інвестиції в проекти з вітрової та сонячної енергетики [38].

3.4. Проблеми і перспективи розвитку відновлювальної енергетики світу

З наближенням 2030 р. та порогового рівня підвищення глобальної температури на 1,5°C боротьба з наслідками зміни клімату та перехід до більш стійких джерел енергії стають все більш нагальними. Переговори на Конференції

Сторін Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату (РКЗК ООН) є важливими для формування міжнародної кліматичної політики та підтримки сильної політичної волі. Серед різних пропозицій, що розглядаються, реалізація глобальних цілей у сфері відновлювальної енергетики є ключовим питанням. Виклики, що стоять перед сектором відновлювальної енергетики, численні. Політичний тиск, урядова політика, корпоративний вплив, застаріла інфраструктура, брак відповідних акумуляторних батарей та поточна кон'юнктура ринку перешкоджають розгортанню відновлювальної енергетики в усьому світі. Однією з перешкод розвитку є висока початкова вартість обладнання для відновлювальних електростанцій. Незважаючи на ці фактори, відновлювальна енергетика отримала глобальне визнання як спосіб пом'якшення наслідків зміни клімату. Відновлювальні джерела енергії безпосередньо не спричиняють забруднення або викидів вуглекислого газу. Вони є найбільш сприятливою альтернативою викопним видам палива. З часом вони стануть неминучою частиною виробництва електроенергії.

Серед усіх джерел енергії сонячна та вітрова енергія є найдешевшими. Однак існує значна різниця між початковими витратами на встановлення сонячних і, наприклад, газових електростанцій. Вартість встановлення великої сонячної електростанції становить близько 2000 доларів США за кВт. Аналогічно, невелика система для домашнього використання коштує близько 3700 доларів, тоді як нова газова електростанція коштує лише 1000 доларів США за кВт. Звісно, значна різниця у витратах на встановлення є суттєвою. Відновлювальні джерела енергії з високими початковими витратами на встановлення вважаються високоризиковими для інвесторів і кредиторів, тоді як електростанції на викопному паливі вважаються більш прийнятними через нижчі витрати на встановлення. Вітрова та сонячна енергія можуть бути кращими інвестиціями з точки зору вартості життя. Відсутність інфраструктури є бар'єром для розвитку відновлювальної енергетики. Існуюча інфраструктура здебільшого побудована для електростанцій на викопному паливі та атомних електростанцій.

Існуюча енергетична інфраструктура потребує термінового реформування, оскільки вона не в змозі впоратися з великими обсягами відновлювальної енергії

і, що найважливіше, деякі з найкращих джерел постачання взагалі не мають інфраструктури. Основною проблемою всіх електромереж є їх застарілість. Більшість ліній електропередач і розподільчих мереж були побудовані в 1950-х і 1960-х роках; їхній 50-річний термін експлуатації вже давно минув. Це означає, що вони не можуть впоратися з вимогами часу та драматичними змінами клімату.

Індустрія викопного палива перешкоджає використанню чистої енергії та підриває боротьбу зі зміною клімату. Відновлювальна енергетика – найкращий спосіб боротьби зі зміною клімату.

Щоб привабити інвесторів, ринок відновлювальної енергетики потребує чіткої правової політики та процедур. Іншими словами, уряди повинні запроваджувати та реалізовувати політику підтримки для зміцнення ринків відновлювальної енергетики.

Небезпеки, пов'язані зі зміною клімату, починають суттєво впливати на життя людей. Перший і єдиний шлях вперед – це перехід на відновлювальну енергетику. Завдяки різноманітним державним стимулам та субсидіям вартість відновлювальної енергії значно знижується. Більше немає суттєвої різниці між відновлювальними та викопними видами палива з точки зору ціни за кВт*год. Це, звичайно, сприяє їх закріпленню на енергетичному ринку. Наприклад, зростання цін на електроенергію, падіння цін на сонячні фотоелектричні панелі та збільшення «зелених» тарифів змусили багатьох австралійців перейти на сонячну електроенергію. В Австралії налічується понад 3,7 мільйона сонячних установок на дахах будинків. Як результат, більшість австралійців усвідомлюють переваги сонячної енергії.

Все це означає, що потрібно зробити більше, щоб енергетичний перехід не зупинився на досягнутому. Урядам необхідно подолати фізичні, адміністративні та процедурні бар'єри, щоб зменшити ризики та знизити витрати. В той же час інвестори, спонсори та девелопери повинні реагувати, підтримуючи більш швидкий і краще фінансований розвиток відновлювальної енергетики.

ВИСНОВКИ

1. В сучасній науковій та спеціалізованій літературі можна зустріти різні поняття, пов'язані з використанням низьковуглецевих джерел енергії – відновлювальна енергетика, низьковуглецева енергетика, зелена енергетика, альтернативна енергетика, нетрадиційна енергетика тощо. В цілому, під відновлювальною енергетикою розуміємо галузь, яка використовує постійно відновлювальні природні ресурси для виробництва енергії. Відновлювальними джерелами енергії є сонячна, вітрова, геотермальна, гідротермальна, аеротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів. В структурі відновлювальної енергетики виділяють сонячну, вітрову, геотермальну, гідроенергетику, біоенергетику, космічну, змішану енергетику, вторинне використання викидного тепла тощо.

2. Відновлювальна енергетика розвивається під впливом різних факторів – природних, технологічних, економічних, політичних, соціальних та деяких інших.

3. В 2022 р. в світі було вироблено 8538,5 ТВт*год. відновлювальної електроенергії, що в 9,1 разів перевищило рівень 1965 р. Практично половину всієї відновлювальної електроенергії світу виробляють країни Азії (47,5 %). Ще приблизно по 1/5 припадає на Європу (19,8 %) та Північну Америку (18,0 %). В 2022 р. частка відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії світу становила 29,6 %, збільшившись протягом 1990-2022 рр. на 10,5 %. За часткою відновлювальної електроенергії в загальному обсязі виробництва електроенергії беззаперечно лідирує Південна Америка (75,1 %), а на останньому місці перебуває Африка (23,2 %). Регіонами світу з найвищими темпами приросту частки відновлювальної електроенергії в загальному обсязі

виробництва електроенергії є Австралія (233,2 % за 1990-2022 рр.) і Європа (124,8 %).

4. В структурі виробленої відновлювальної електроенергії світу в 2022 р. переважала гідроенергія (50,8 %). Далі йдуть вітрова (24,7 %), сонячна (15,5 %) та інші (9,1 %) галузі енергетики.

В 2023 р. в світі було вироблено 4211,01 ТВт*год. гідроенергії. Майже половину світової гідроенергії виробили країни Азії – 46,3 %. Країнами-лідерами за виробництвом гідроенергії в 2023 р. стали Китай, Бразилія, Канада, США, Росія, Індія, Норвегія, В'єтнам, Японія і Швеція. За питомою вагою гідроенергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Бутан, ЦАР, Лесото, Парагвай (100 %), ДР Конго, Албанія, Непал, Ефіопія і Сьєра-Леоне (більше 90 %).

В 2023 р. в світі було вироблено 2304,44 ТВт*год. вітрової електроенергії. Майже половину світової вітрової електроенергії виробили країни Азії – 43,2 % Країнами-лідерами за виробництвом вітрової електроенергії в 2023 р. стали Китай, США, Німеччина, Бразилія, Велика Британія, Індія, Іспанія, Франція, Канада і Швеція. За питомою вагою вітрової енергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Данія (більше 50 %), Литва, Люксембург, Уругвай, Ірландія (більше 30 %).

В 2023 р. в світі було вироблено 1629,90 ТВт*год. сонячної електроенергії. Більше половини світової сонячної електроенергії виробили країни Азії – 56,1 %. Країнами-лідерами за виробництвом сонячної електроенергії в 2023 р. стали Китай, США, Індія, Японія, Німеччина, Бразилія, Австралія, Іспанія, Італія та Південна Корея. За питомою вагою сонячної енергетики в загальному виробництві електроенергії країни виділяються Намібія (37 %), Люксембург, Палестина, Мальта, Йемен (більше 20 %).

5. Виклики, що стоять перед сектором відновлювальної енергетики, численні. Політичний тиск, урядова політика, корпоративний вплив, застаріла інфраструктура, брак відповідних акумуляторних батарей та поточна кон'юнктура ринку перешкоджають розгортанню відновлювальної енергетики в усьому світі. Однією з пасток розвитку є висока початкова вартість обладнання

для відновлювальних електростанцій. Незважаючи на ці фактори, відновлювальна енергетика отримала глобальне визнання як спосіб пом'якшення наслідків зміни клімату. Відновлювальні джерела енергії безпосередньо не спричиняють забруднення або викидів вуглекислого газу. Вони є найбільш сприятливою альтернативою викопним видам палива. З часом вони стануть неминучою частиною виробництва електроенергії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоцерківський О. Б. Сучасний стан та перспективи розвитку енергозбереження в Україні [Електронний ресурс] / О. Б. Білоцерківський // Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке : материалы 7-го Междунар. форума молодежи, 6-7 апреля 2011 г. – Харьков : ХНТУСГ, 2011. – С. 153. – Режим доступу : <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/22654>.
2. Никируй Л. І. Вплив наукових досліджень на розвиток відновлювальної енергетики [Електронний ресурс] / Никируй Л. І., Замуруєва О. В., Урбан О. А., Федосов С. А. // Перспективні технології та прилади. – 2020. – № 16. – С. 82-91. – Режим доступу: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2020-16-11>.
3. Герасимчук В.Г. Тенденції розвитку відновлюваної енергетики у світі та в Україні [Електронний ресурс] / В. Г. Герасимчук, О. В. Романюк // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. – 2015. – Режим доступу: <http://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2015/14-2015/3.pdf>
4. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі. Книга 5 [Електронний ресурс] // Енергетика: історія, сучасність і майбутнє. – Режим доступу : <https://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>
5. Кримусь І. Фактори впливу на розвиток «зеленої» енергетики в світі [Електронний ресурс] / І. Кримусь // Бізнес цензор. – 05. 03. 2018. – Режим доступу : https://biz.censor.net/columns/3053791/faktori_vplivu_na_rozvitok_zeleno_energetiki_v_svt
6. Ніколаєва М. В. Особливості та способи захисту інтересів інвестора в зелену енергетику в разі відмови держави від наданих гарантій [Електронний ресурс] / М. В. Ніколаєва, Є. В. Дергачов // Актуальні

- проблеми держави і права. – 2021. – № 90. – С. 126-131. – Режим доступу: <https://doi.org/10.32837/apdp.v0i90.3216>
7. Позігун С. Перспективи розвитку сонячної енергетики в світі та в Україні: використання пристроїв сонячної енергетики для автономного живлення енергією систем розвідки та зв'язку [Електронний ресурс] / С. Позігун, С. Голушко, О. Вахнін, І. Павленко, В. Іванов // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: Військові та технічні науки. – 2021. – Т. 82. – № 1. – С. 270-285. – Режим доступу : <https://doi.org/10.32453/3.v82i1.544>
 8. Сиротюк М. І. Поновлювані джерела енергії: навчальний посібник / М. І. Сиротюк. – Львів : Львів. нац. ун-т ім. І. Франка, 2008. – 248 с.
 9. Тверська Я. М. Сонячна енергетика як один з напрямів діяльності у сфері енергоефективності [Електронний ресурс] / Я. М. Тверська, Т. А. Дяченко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : наук. вид. : тези доп. 27-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2019 [15-17 травня 2019 р.] : у 4 ч. Ч. 3 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – С. 371. – Режим доступу : <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41481>
 10. Energy Resource Guide [Електронний ресурс] // International Trade Administration. – Режим доступу : <https://www.trade.gov/energy-resource-guide-ukraine-renewable-energy>
 11. Gelich N. Alternative energy in Ukraine: state and prospects of development [Електронний ресурс] / N. Gelich, Y. Panasiuk and V. Onishchuk // Economic journal of Lesya Ukrainka Volyn National University. – Is. 2, 22 (Jun. 2020). – Рр. 143-151. – Режим доступу : <https://doi.org/10.29038/2411-4014-2020-02-143-151>.
 12. Increase in annual clean energy investment in selected countries and regions, 2019-2023 [Електронний ресурс] // International Energy Agency. – Режим доступу : <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/increase-in-annual-clean-energy-investment-in-selected-countries-and-regions-2019-2023>

13. Infographic – How is EU electricity produced and sold? [Електронний ресурс] // European Council of the European Union. – Режим доступу : <https://www.consilium.europa.eu/en/infographics/how-is-eu-electricity-produced-and-sold/>
14. Renewable Energy [Електронний ресурс] // Center for climate and energy solutions. – Режим доступу : <https://www.c2es.org/content/renewable-energy/>
15. Рудик Н. Використання міжнародних фінансових інструментів стимулювання розвитку відновлювальної енергетики в Україні [Електронний ресурс] / Н. Рудик, А. Рудик, Н. Моклиця // Економічний часопис Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. – 2019. – Т. 2, № 18. – С. 108-114. – Режим доступу : <https://doi.org/10.29038/2411-4014-2019-02-108-114>
16. Wettengel J. Renewables share in German public electricity supply reaches record high in July – researchers [Електронний ресурс] / J. Wettengel // Clean Energy Wire. – 07 Aug 2023. – Режим доступу : <https://www.cleanenergywire.org/news/renewables-share-german-public-electricity-supply-reaches-record-high-july-researchers>
17. Wind and water provide Scandinavian countries with the greenest energy [Електронний ресурс] // Innovation Origins. – Режим доступу : <https://innovationorigins.com/en/wind-and-water-provide-scandinavian-countries-with-the-greenest-energy/>
18. Закон України від 20. 02. 2003 р. № 555-IV «Про альтернативні джерела енергії»: станом на 27. 06. 2023 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 17. 12. 2023).
19. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://saee.gov.ua/uk>
20. World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023 [Електронний ресурс] // Enerdata. – Режим доступу : <https://yearbook.enerdata.net/>
21. Відновлювана енергетика в Україні та її вивчення на уроках географії в школі [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

- <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/4027/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
22. Мартусенко І. В. Регіональна економіка: підручник [Електронний ресурс] / І. В. Мартусенко, Б. В. Погрішук. – Режим доступу : https://pidru4niki.com/76309/rps/regionalna_ekonomika
 23. Вторинний сектор господарства [Електронний ресурс] // С. Г. Кобернік. Шкільний підручник з географії для 9-х класів / С. Г. Кобернік, Р. Р. Коваленко. – К., 2017. – Режим доступу : <https://uahistory.co/pidruchniki/kobernik-geography-9-class-2017/20.php>
 24. Гавриленко О. П. Екогеографія України : навчальний посібник [Електронний ресурс] / О. П. Гавриленко. – Режим доступу : https://pidru4niki.com/1584072011706/ekologiya/ekogeografiya_ukrayini
 25. 2023: a milestone year for renewable energy in Europe – unveiling ember's electricity review [Електронний ресурс] // SolarPower Europe. – Режим доступу : <https://www.solarpowereurope.org/news/2023-a-milestone-year-for-renewable-energy-in-europe-unveiling-ember-s-electricity-review>
 26. Renewable energy in China [Електронний ресурс] // Wikipedia. – Режим доступу : https://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy_in_China
 27. Costs and health benefits of the rural energy transition to carbon neutrality in China [Електронний ресурс] / T. Ma et al. // Nature communications. – Режим доступу : <https://www.nature.com/articles/s41467-023-41707-7>
 28. SES chapter 2: energy transformation [Електронний ресурс] // Energy Market Authority (EMA). – Режим доступу : <https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter2>
 29. Energy transition in Latin America and the Caribbean [Електронний ресурс] // IDB. – Режим доступу : <https://www.iadb.org/en/news/energy-transition-latin-america-and-caribbean#:~:text=In%20the%20last%20decade,%20Latin,from%20renewable%20sources%20in%202022>

30. Europe electricity transition [Электронный ресурс] // Ember. – Режим доступа : <https://ember-climate.org/countries-and-regions/regions/europe/>
31. Hannam P. Australian renewable sector recorded ‘alarming’ slowdown in 2023, energy body finds. The Guardian [Электронный ресурс] / P. Hannam . – Режим доступа : <https://www.theguardian.com/environment/2024/mar/13/australian-renewable-sector-recorded-alarming-slowdown-in-2023-energy-body-finds#:~:text=Wind%20power%20was%20up%2018,%%20share,%20the%20council%20said.>
32. Hemingway C. World Economic Forum [Электронный ресурс] / C. Hemingway // Word Economic Forum. – Режим доступа : <https://www.weforum.org/agenda/2024/02/green-energy-electricity-demand-growth-iea-report/>
33. Huzaiifa M. A. H. A cluster analysis of renewable electricity generation policies in Asian region countries using SPSS software [Электронный ресурс] / M. A. H. Huzaiifa, G. Akman // Researchgate. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/372189782_A_Cluster_Analysis_of_Renewable_Electricity_Generation_Policies_in_Asian_Region_Countries_Using_SPSS_Software
34. Igliński B. The regional energy transformation in the context of renewable energy sources potential [Электронный ресурс] / B. Igliński // ScienceDirect. – Режим доступа : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148123011618>.
35. Karekezi S. Renewable energy development [Электронный ресурс] / S. Karekezi, W. Kithyoma. – Режим доступа : <https://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/energy/op/nepadkarekezi.pdf>.
36. Nordics lead Europe in renewables – nordic energy research [Электронный ресурс] // Nordic Energy Research. – Режим доступа : <https://www.nordicenergy.org/article/nordics-lead-europe-in-renewables/>.
37. Renewable energy progress tracker [Электронный ресурс] // IEA. – Режим доступа : <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewable-energy-progress-tracker>.

38. Research spotlight: renewable energy in Africa [Электронный ресурс] // Mo Ibrahim Foundation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mo.ibrahim.foundation/research-spotlight-renewable-energy-africa>.
39. Renewable Energy [Электронный ресурс] // Our World in Data. – Режим доступа : <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
40. Smoot G. The history of solar energy: the big picture [Электронный ресурс] // G. Smoot // IMPACTFUL.NINJA. – Режим доступа : <https://impactful.ninja/the-history-of-solar-energy/#:~:text=Solar%20energy%20began%20in%20700,our%20third-largest%20renewable%20technology>
41. The startling success of Latin America's renewable energy surge [Электронный ресурс] // UN Climate Summit News – COP28. – Режим доступа : <https://unclimatesummit.org/the-startling-success-of-latin-americas-renewable-energy-surge/>
42. Renewable electricity generation, World [Электронный ресурс] // Our World in Data. – Режим доступа : <https://ourworldindata.org/grapher/modern-renewable-energy-consumption>
43. Renewable energy [Электронный ресурс] // Statistical Review of World Energy 2023. – Режим доступа : <file:///C:/Users/user/Desktop/Statistical%20Review%20of%20World%20Energy.pdf>
44. Share of electricity generated by renewables [Электронный ресурс] // Our World in Data. – Режим доступа : <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-renewables>
45. Share of renewables in electricity production [Электронный ресурс] // World Energy & Climate Statistics – Yearbook 2023. – Режим доступа : <https://yearbook.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>
46. Statistical Review of World Energy 2023 / 72nd edition [Электронный ресурс] // Energy Institute. – Режим доступа :

file:///C:/Users/user/Desktop/Statistical%20Review%20of%20World%20Energy.pdf

47. Гусєва Н. В. Відновлювальна електроенергетика світу: деякі суспільно-географічні аспекти / Н. В. Гусєва, А. Р. Булгакова // Регіон – 2024: суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців (м. Харків, 4 квітня 2024 р.) / Гол. ред. колегії Л. М. Нємець. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024.
48. Hydropower generation, 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/hydropower-consumption>
49. Share of electricity production from hydropower, 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-hydro>
50. Wind power generation, 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/wind-generation>
51. Share of electricity production from wind, 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-wind>
52. Solar power generation, 2023 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/solar-energy-consumption>
53. Share of electricity generated by solar power 2023 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/share-electricity-solar>
54. Biofuel energy production, 2022 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/biofuel-production>
55. Installed geothermal energy capacity, 2022 [Електронний ресурс] // Our World in Data. – Режим доступу : <https://ourworldindata.org/grapher/installed-geothermal-capacity>
56. Hoes O. A. C. Systematic high-resolution assessment of global hydropower potential [Електронний ресурс] / Olivier A. C. Hoes, Lourens J. J. Meijer, Ruud

- J. van der Ent, Nick C. van de Giesen // PLOS ONE. – February 8, 2017. – Режим доступа :
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171844>
57. Magee D. L. Dams in East Asia: Controlling Water but Creating Problems [Электронный ресурс] / Darrin L. Magee // ResearchGate. – Jan 2014. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/figure/Country-comparisons-of-theoretical-hydropower-potential_fig5_275584620
 58. Saadatmand M. Damping of Low-Frequency Oscillations in Power Systems by Large-Scale PV Farms: A Comprehensive Review of Control Methods [Электронный ресурс] / Mahdi Saadatmand, Gevork B. Gharehpetian, Ali Moghassemi, Hassan Haes Alhelou // ResearchGate. – May 2021. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/figure/World-solar-energy-potential-map_fig11_351471304
 59. Xi Lu. Global potential for wind-generated electricity [Электронный ресурс] / Xi Lu, Michael B. and Juha Kiviluoma // PNAS. – 2009. – Is. 106 (27). – Режим доступа : <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.0904101106>
 60. Tidal Energy: Advantages, Disadvantages, and Future Trends [Электронный ресурс] // EARTH.ORG. – 2022. – Режим доступа : <https://earth.org/what-is-tidal-energy/>
 61. Perea-Moreno M.-Á. Biomass as Renewable Energy: Worldwide Research Trends [Электронный ресурс] / Miguel-Ángel Perea-Moreno, Esther Samerón-Manzano, Alberto-Jesus Perea-Moreno // ResearchGate. – Feb 2019. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/figure/World-scientific-production-in-biomass-as-renewable-energy-by-country-of-origin_fig5_330939393
 62. Kurek K. A. Geothermal resources and local development in Poland [Электронный ресурс] / Katarzyna A. Kurek // ResearchGate. – May 2021. – Режим доступа : https://www.researchgate.net/figure/Distribution-of-the-geothermal-energy-worldwide-according-to-the-temperature-scale_fig1_350877572
 63. Wave Power [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://artpictures.club/autumn-2023.html>