

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ПОГОДЖЕНО**  
Декан факультету захисту  
рослин, біотехнологій та екології

\_\_\_\_\_ **Коломієць Ю.В.**  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
загальної екології, радіобіології та  
безпеки життєдіяльності

\_\_\_\_\_ **Клепко А.В.**  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему Екологічні аспекти відновлюваної енергетики в Україні

Спеціальність 101 «Екологія»

Освітня програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

професор, доктор біологічних наук \_\_\_\_\_

Гайченко В.А.

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

доцент, кандидат сільськогосподарських наук \_\_\_\_\_

Піскунова Л.Е.

**Виконав**

\_\_\_\_\_ Коваленко О.І.

**КИЇВ – 2025**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри загальної екології,  
радіобіології та  
безпеки життєдіяльності**

д.б.н., професор \_\_\_\_\_ Клепко А.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

**Коваленку Олександрю Івановичу**

Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 «Екологія» \_\_\_\_\_

Освітня програма \_\_\_\_\_ «Екологія та охорона навколишнього середовища»

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-професійна \_\_\_\_\_

**Тема магістерської кваліфікаційної роботи** Екологічні аспекти  
відновлюваної енергетики в Україні

затверджена наказом ректора НУБіП України від від “06”11.2024р. №1984  
“С” Термін подання завершеної роботи на кафедру 14.11.25 р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Наукова література та  
нормативно-правові акти з питань відновлювальної енергетики в Україні,  
статистичні дані

**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

1. Аналіз сучасного стану відновлюваної енергетики в Україні
2. Оцінка природно-ресурсного потенціалу окремих видів ВДЕ
3. Порівняння традиційної та «зеленої» енергетики
4. Вивчення можливості впровадження міжнародного досвіду в українські реалії.

Дата видачі завдання “01” вересня 2024р.

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи** \_\_\_\_\_ Піскунова Л.Е.

**Завдання прийняв до виконання** \_\_\_\_\_ Коваленко О.І.

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена комплексному дослідженню екологічних аспектів розвитку та функціонування відновлюваної енергетики в Україні. Актуальність теми визначається глобальним переходом до низьковуглецевої економіки, необхідністю зменшення антропогенного навантаження на довкілля та потребою України підвищити енергетичну безпеку в умовах воєнних загроз і трансформації енергетичного сектору .

Метою роботи є всебічний аналіз екологічних переваг і ризиків використання сонячної, вітрової, гідро- та біоенергетики, а також формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо сталого розвитку галузі та мінімізації її негативного впливу на навколишнє середовище . У межах дослідження виконано аналіз сучасного стану відновлюваної енергетики в Україні, оцінено природно-ресурсний потенціал окремих видів ВДЕ, досліджено екологічні ризики, здійснено порівняння традиційної та «зеленої» енергетики, а також вивчено можливості впровадження міжнародного досвіду в українські реалії.

У першому розділі проаналізовано розвиток ВДЕ в Україні, структуру галузі та регіональні особливості розміщення генеруючих потужностей. Показано, що частка відновлюваних джерел у національному енергобалансі стабільно зростає, а найбільший потенціал демонструють сонячна та вітрова енергетика. Визначено ключові чинники, що стримують галузь, серед яких економічні ризики, воєнні дії та недосконалість законодавства.

У другому розділі проведено комплексну екологічну оцінку технологій ВДЕ. Встановлено, що хоча відновлювана енергетика значно зменшує викиди парникових газів і рівень забруднення повітря, окремі види мають свої екологічні виклики: зміна ландшафтів та шумове навантаження для вітрової енергетики, порушення екосистем річок у разі будівництва ГЕС, утворення відходів фотоелектричних модулів у сонячній енергетиці. Доведено, що за

більшістю критеріїв ВДЕ є екологічно безпечнішою альтернативою викопним джерелам.

У третьому розділі сформовано практичні рекомендації щодо мінімізації екологічних ризиків ВДЕ. Запропоновано впровадження найкращих доступних технологій, оптимізацію розміщення об'єктів відновлюваної енергетики, удосконалення державного моніторингу, розвиток циркулярних рішень для переробки відходів та адаптацію успішних європейських моделей екологічного регулювання .

У висновках підкреслено, що розвиток відновлюваної енергетики в Україні повинен бути збалансованим і заснованим на інтегрованому підході, який враховує екологічні, економічні та соціальні аспекти. Сталий розвиток ВДЕ є ключовою умовою енергетичної незалежності держави, декарбонізації економіки та збереження довкілля для майбутніх поколінь .

**Структура та обсяг роботи.** Дана робота складається з вступу, трьох розділів, які поділяються на підрозділи, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 87 сторінок. Робота містить 11 таблиць, 3 рисунки. Список використаних джерел налічує 62 найменувань.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ .....	11
1.1. Аналіз динаміки розвитку та структури відновлюваних джерел енергії в Україні .....	11
1.2. Особливості реалізації державної політики у сфері використання ВДЕ .	17
1.3. Оцінка природно-ресурсного потенціалу України для розвитку сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики .....	23
Висновки до розділу 1 .....	32
РОЗДІЛ 2. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ .....	34
2.1. Аналіз екологічних ризиків та впливу на довкілля відновлюваних джерел енергії в Україні.....	34
2.2. Оцінка внеску відновлюваних джерел енергії в Україні у зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин .....	41
2.3. Порівняльний аналіз екологічних наслідків традиційної та відновлюваної енергетики.....	47
Висновки до розділу 2 .....	50
РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ .....	52
3.1. Запровадження найкращих доступних технологій та принципів циркулярної економіки у вітчизняній енергетиці.....	52
3.2. Адаптація міжнародного досвіду екологічного регулювання та зниження ризиків для українських реалій.....	62
3.3. Рекомендації щодо вдосконалення державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики .....	71
Висновки до розділу 3 .....	75
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Розвиток людського суспільства та його продуктивних сил тісно пов'язане з енергетикою і джерелами отримання енергії. Освоєння різних джерел енергії дозволило людині розселитися по всій земній кулі, забезпечило виживання людини в різних умовах існування. Енергетика була найважливішим складовим елементом розвитку цивілізації. За час розвитку суспільства значно змінювалися панівні джерела енергії. В останні 200 років основне значення мають викопні вуглецеві джерела енергії: вугілля, нафта і газ, використання яких постійно зростало з моменту початку їх промислового використання.

Енергетична революція ХХ століття значно перетворила життя людини за рахунок активного впровадження різних механізмів і енергостанцій. Її розвиток в і теперішній час є найважливішим показником рівня продуктивних сил суспільства, можливостей науково-технічного прогресу і добробуту людини і суспільства. Потреби суспільства і економіки в енергії продовжують збільшуватися, тому потрібно виробляти все більше і більше енергії.

Основним завданням сучасної енергетики є пошук надійного, якісного, дешевого і екологічно чистого альтернативного джерела енергії. Це обумовлено тим, що ресурси традиційних джерел енергії значно вичерпані і, як правило, розташовуються в природі нерівномірно, наприклад: річки, поклади газу або вугілля. Це викликає необхідність транспортувати енергію або енергоносії на величезні відстані і супроводжується величезними витратами.

Однак в навколишньому світі існує величезна кількість джерел енергії: одні з них освоєні і ефективно використовуються, інші – тільки досліджуються або впроваджуються в енергетику.

В даний час все більшу увагу світова спільнота приділяє розвитку альтернативної енергетики, причому активним впровадженням відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) тепер займаються не тільки розвинені, але і країни, що розвиваються (такі, як Китай, Індія, Бразилія).

Одним з лідерів у виробництві та використанні «зеленої» енергетики залишаються США. Сполучені Штати є піонерами в застосуванні відновлюваних джерел енергії. Перші вітряні електростанції створювалися в аграрних районах країни на початку ХХ століття, а гідроелектростанції почали з'являтися ще в кінці ХІХ століття.

Теоретичне дослідження даних проблем і вироблення науково-практичних заходів щодо їх реалізації є досить актуальним завданням, що має важливе значення для розвитку національної економіки і вирішення нагальних соціальних проблем населення. Вагомий внесок у розробку теоретико-методичних засад вивчення та аналізу проблеми впровадження альтернативних джерел енергії зробили А. К. Зайцева, Г. А. Арістов, Б. Б. Кажинський, А. Уейр, Дж. Твайделл. Дослідженням проблем розвитку відновлюваної енергетики займалися такі вчені, як Є. М. Борщук, А. А. Долінський, В. А. Ільясов, Л. Л. Товажнянський та багато інших. Окремі питання альтернативної енергетики різних країн світу у своїх роботах розглядали такі вчені як Р. М. Буквич, Г. Г. Гелетуха, П. П. Кучерук, Е. Н. Олейник, А. В. Трибой, І. В. Замула, А. В. Кирейцева. Крім того у своїх публікаціях у інтернет-ЗМІ питання розвитку альтернативної енергетики освічували В. Скрипін та О. Камчатська.

**Метою** даного дослідження є комплексний аналіз та оцінка екологічних аспектів використання відновлюваної енергетики в Україні.

Відповідно до поставленої мети в роботі окреслені такі **завдання** на її досягнення:

1. Провести аналіз сучасного стану розвитку відновлюваної енергетики в Україні.
2. Дослідити екологічні ризики, пов'язані з впровадженням сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики.
3. Оцінити потенціал відновлюваних джерел енергії для зменшення викидів парникових газів в Україні.

4. Розробити рекомендації щодо мінімізації негативного впливу відновлюваної енергетики на довкілля.

5. Вивчити міжнародний досвід екологічного регулювання у сфері відновлюваної енергетики та адаптувати його до українських реалій.

**Методи дослідження.** У даному дослідженні застосовуються різноманітні методи для забезпечення об'єктивності, комплексності та наукової обґрунтованості отриманих результатів:

1. Метод аналізу та синтезу. Використовується для розкриття сучасного стану і потенціалу відновлюваної енергетики в Україні синтезу зібраної інформації для формулювання нових ідей та підходів.

2. Метод індукції та дедукції. Використовується для узагальнення конкретних фактів та явищ щодо оцінки природно-ресурсного потенціалу України для розвитку сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики та виводу конкретних висновків.

3. Методи системного узагальнення та порівняння. Застосовуються для комплексної оцінки екологічних аспектів використання відновлюваних джерел енергії та порівняння екологічних наслідків традиційної та відновлюваної енергетики.

4. Статистичні методи. Використовуються для аналізу статистичних даних, визначення тенденцій у розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні.

5. Методи економічного моделювання та прогнозування. Використовуються для розробки рекомендацій щодо вдосконалення державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики.

**Інформаційна база.** Дослідження ґрунтується на аналізі та використанні нормативно-правових та статистичних матеріалів Кабінету Міністрів України, Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України, Державної служби статистики, Держзовнішінформу,

Державної фіскальної служби України, Національного банку України, а також міжнародних організацій, таких як СОТ, ЮНКТАД, Світовий Банк та інші.

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

### 1.1. Аналіз динаміки розвитку та структури відновлюваних джерел енергії в Україні

Енергія є одним з основних джерел підтримки життєдіяльності і забезпечення все зростаючих потреб людини. Головним традиційним джерелом теплоти є органічне паливо (вугілля нафта і природний газ). З цих трьох видів викопного палива найбільш великі запаси вугілля, істотно менше запаси природного газу і ще менше запаси нафти. Точно оцінити величину запасів кожного виду органічного палива досить складно. Це пов'язано з тим, що не всі регіони світу досить вивчені з точки зору наявності цих запасів, а також у багатьох випадках початкові оцінки істотно відрізняються від результатів детального вивчення. Крім того, використання нових технологій дозволяє вести промислову розробку родовищ, які раніше вважалися не перспективними. Таким прикладом можуть бути сланцевий газ і сланцева нафта. На перспективи видобутку також впливає і вартість енергоресурсів, тому що деякі з них видобуваються у важкодоступних і необжитих регіонах.

В нинішній час ми стикаємося з проблемою енергетичної кризи, яка тягне за собою ряд інших екологічних та економічних проблем. Протягом багатьох років використання різних видів енергії в світі збільшується стрімкими темпами. Вчені оцінюють запаси вугілля в світі приблизно на 350 років, газу на 60 років, а нафта, на їхню думку, може закінчиться вже через 40 років [6].

На рубежі ХХІ століття енергетичний баланс світу складався наступним чином:

- викопні палива – 85%;
- атомна енергія – 6%;
- відновлювані джерела енергії – 8%.

Щорічний економічний збиток від спалювання викопних палив у світі оцінюється експертами в \$1700 млрд [1].

До 2030 р. європейські країни планують забезпечити екологічно чисте теплопостачання у 70% житлового фонду. Також країни ЄС мають намір до 2030 р. на 50% забезпечуватися енергією за рахунок відновлюваних джерел.

Різкий стрибок цін на енергоносії на початку XXI століття пояснюється обмеженістю запасів викопного палива. Таким чином, зростає роль використання альтернативних і поновлюваних джерел енергії.

Комплексне використання різноманітних видів альтернативної енергетики є частиною державної енергетичної політики і веде до зниження енергозалежності країни.

Альтернативні джерела енергії – це сукупність технологій, процесів та інженерних рішень, в процесі виробництва, будівництва, проектування та підготовки до експлуатації яких не було завдано жодної шкоди навколишньому середовищу, або цей збиток був мінімальним і максимально швидко утилізований навколишнім середовищем, при цьому не завдавши шкоди здоров'ю живим організмам і середовищу їх проживання, а також людині. При експлуатації таких джерел енергії упор робиться виключно на екологічну безпеку, в атмосферу не виділяється абсолютно ніяких токсичних речовин, їх експлуатація не заважає природному ходу подій в природі [13].

Більшість видів альтернативних енергетичних ресурсів (за винятком джерел ядерної, термоядерної та геотермальної енергії) є продуктом перетворення сонячної енергії за різні відрізки часу. Ресурси, які утворилися за короткі проміжки часу, називають відновлюваними енергоресурсами, за тривалі – не відновлюваними.

Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) – джерела енергії, що утворюються на основі постійно існуючих або періодично виникаючих процесів в природі, а також життєвому циклі рослинного і тваринного світу і життєдіяльності людського суспільства.

До невідновлюваних джерел енергії прийнято відносити ті джерела, які не заповнюються в межах історично осяжного періоду. Такими є всі види викопного палива (нафта, вугілля, газ, горючі сланці, торф, уранові руди).

В якості основи класифікації ВДЕ часто використовують природні процеси і явища, які є першопричиною їх прояви на Землі. У цьому сенсі виділяють наступні глобальні первинні джерела енергії:

- енергія Сонця;
- теплова енергія глибинних шарів Землі;
- енергія гравітаційної взаємодії планет Сонячної системи і Сонця.

Відповідно до відновлюваних джерел енергії сонячного походження відносять:

- власне енергію сонячного випромінювання;
- гідравлічну енергію річок;
- енергію вітру;
- енергію, укладену в біомасі;
- енергію океану, яка проявляється у вигляді хвиль, а також термогалінових градієнтів (градієнтів температури і солоності морської води [15]).

До ВДЕ не сонячного походження відносять геотермальну енергію і енергію припливів.

Потенційні можливості альтернативних джерел енергії складають на рік:

- енергія Сонця – 2300 млрд т у. т;
- енергія вітру – 26,7 млрд т у. т;
- енергія біомаси – 10 млрд т у. т;
- тепло Землі – 40000 млрд т у. т;
- енергія малих річок – 360 млрд т у. т;
- енергія морів і океанів – 30 млрд т у. т;
- енергія вторинних низькопотенційних джерел теплоти – 530 млрд т у. т. [9]

Крім того, в якості поновлюваних джерел енергії в даний час прийнято розглядати різні органічні відходи та джерела низькопотенційного тепла. В якості останнього розглядають енергію теплоносіїв (вода, повітря, рідини, тверді тіла), що мають невисоку температуру (скидні води ТЕС / ТЕЦ, ґрунт на глибинах більше 2 м та ін.).

Сучасний стан використання відновлюваних джерел енергії в Україні характеризується в першу чергу великими масштабами (встановлена потужність і виробництво енергії) великої гідроенергетики. Однак в останні роки у зв'язку із зростанням введених потужностей сонячних і вітрових (мережевих і автономних) станцій, ці об'єкти також почали вносити помітний внесок у сумарне виробництво електричної енергії.

Основними регіонами виробництва відновлюваної енергетики України були Дніпропетровська – 1164 МВт, Херсонська – 1083 МВт і Миколаївська – 1074 МВт області. В основному це результат концентрації досліджень в Інституті відновлюваної енергетики (ІВЕ) НАНУ [1], успішної адаптації німецького законодавчого та організаційного досвіду. «Зелені» тарифи України є одними з найбільших в Європі, а гарантована реалізація електроенергії відновлюваної енергетики створила привабливий для інвесторів ринок. З 2021 р. для зниження вартості споруджуваних об'єктів введені додатково аукціони інвесторів [2].

Лідером відновлюваної енергетики України є сонячна енергетика. Сумарна встановлена потужність СЕС становила у 2021 р. 7284 МВт. Їх частка в енергобалансі відновлюваної енергетики становила 79%. Велика частина сонячної генерації була представлена мережевими СЕС потужністю до 240 МВт. Їх сумарна встановлена потужність становила в 2021 р 6351 МВт – 87% всіх потужностей СЕС. Значним сегментом ринку відновлюваної енергетики стали СЕС приватних домоволодінь одиничною встановленою потужністю до 50 кВт – 933 МВт, або 13% всіх потужностей СЕС (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Встановлені потужності електростанції на відновлювальних джерелах енергії України на 01.07.2021 р.[9, 17, 24]

Види електростанцій	Потужності
Мережеві сонячні електростанції	6351 МВт
Сонячні електростанції домогосподарств	933 МВт
Вітрові електростанції	1593 МВт
Біоелектростанції на біомасі	119 МВт
Біоелектростанції на біогазі	111 МВт
Малі гідроелектростанції	118 МВт

Найбільшим інвестором є Донецька паливно-енергетична компанія (ДТЕК ВДЕ України), яка побудувала 30 СЕС, сумарною встановленою потужністю 1000 МВт, у тому числі три потужністю по 200 МВт (Ботієвська, Приморська, Микільська). Цей та інші українські інвестори застосовують в основному фотоелектричні модулі (ФЕМ) китайського виробництва. Локалізація їх виробництва в Україні відсутня.

Другим за обсягами будівництва СЕС є інвестфонд «VB Capital Group» (США): 26 СЕС загальною потужністю 536 МВт. Компанія «Віндкрафт» (Швеція) побудувала 6 СЕС загальною потужністю 301 МВт, а компанія Андрія Григоренка – 20 СЕС загальною потужністю 290 МВт. У першому півріччі 2021 р. обсяг введення в експлуатацію СЕС склав 254 МВт, що втричі менше, ніж було в 2020 р.

У другій половині ХХ століття Україна була лідером СРСР з сонячного теплопостачання. Наукові дослідження, розробку і виробництво сонячних колекторів, проектування геліоустановок виконував Інститут «КиївЗНДІЕП» [3]. За його проектом в Криму була побудована найбільша в СРСР геліоустановка пансіонату «Кастрополь» площею 1600 м<sup>2</sup>. У Запоріжжі було найбільше в СРСР виробництво ФЕМ.

В даний час в Україні сонячне теплопостачання не набуло поширення. Програма пільгового кредитування «Теплий кредит» з 2014 р. не дала

результатів. У м. Рівне побудована геліоустановка з 18 сонячними колекторами для 54-квартирного житлового будинку [4], а найбільша геліоустановка площею 474 м<sup>2</sup> з 252 сонячними колекторами фірми ТОВ «ПКК СІНТЕК» (м. Запоріжжя) була споруджена в м. Маріуполі.

Сумарна встановлена потужність вітроелектростанцій (ВЕС) України на 01.07.2021 р. становила 1593 МВт, їх частка в енергобалансі відновлюваної енергетики країни – 17,3%. Регіональним лідером вітроенергетики була Запорізька область – 596 МВт, включаючи найпотужнішу Ботієвську ВЕС на 200 МВт. Основний інвестор вітроенергетики, як і сонячної – ГК «ДТЕК ВДЕ». Для отримання пільгового «зеленого» тарифу з 2021 р. право на спорудження мережових ВЕС потужністю понад 5 МВт купується на спеціальних аукціонах. При будівництві ВЕС застосовується, в основному, зарубіжне обладнання: данської фірми «Vestas» потужністю до 3,8 МВт (V-126), американської «General Electric» потужністю до 3,8 МВт (GE-3.8-130). У Краматорську Донецької області було організовано складальне виробництво ВЕУ типу WTU німецької фірми «Fuhrkander AG» потужністю до 4,5 МВт з виготовленням гондол і веж.

До середини 2021 р. в Україні було побудовано 154 малих гідроелектростанції (МГЕС) загальною потужністю близько 120 МВт. За встановленою потужністю МГЕС в країні лідирує Вінницька область – 25 МВт. Дослідження по МГЕС виконує, в основному, Інститут відновлюваної енергетики [10,11].

Біоенергетика має сумарну встановлену потужність 230 МВт, в т.ч. БіоЕС на біомасі – 119 МВт, БіоЕС на біогазі – 111 МВт.

Геотермальне теплопостачання курортних об'єктів здійснюється в Закарпатській області в селах Кусонь і Берегове.

У 2024 році обсяг електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел (СЕС, ВЕС, біо та МГЕС) в Україні, зріс на 6,4% порівняно з 2023 роком – до 11 млн МВт-год. В цілому частка ВДЕ в балансі склала майже 11%.

Річний максимум виробництва з ВДЕ (за обсягом) був у серпні – 1165 тис. МВт-год. А мінімальний показник – у грудні.

Вже у січні 2025р. виробництво електроенергії з ВДЕ скоротилося на 8% порівняно з січнем 2024 р., проте зросло на 14,5% порівняно з січнем 2023 р.

За оцінкою Української вітроенергетичної асоціації, в 2024 році було встановлено всього 20 МВт нових потужностей вітроенергетики. Однак цього року прогнози більш оптимістичні, інвестиційний клімат, управління ринковими і політичними ризиками залишаються ключовими для прийняття рішень. Потужність сонячних електростанцій зросла орієнтовно на 850 МВт, оцінюється в Асоціації сонячної енергетики України.

Отже, успіхи в розвитку відновлюваної енергетики в Україні пояснюються, в основному, трьома факторами: науковими розробками Інституту відновлюваної енергетики НАНУ, високими тарифами на електроенергію ВДЕ, залученням зарубіжних інвестицій.

## **1.2. Особливості реалізації державної політики у сфері використання ВДЕ**

Україна, як і інші країни, зацікавлена в розвитку відновлюваних джерел енергії. Така державна політика підтримується населенням країни. Близько 36% українців вважають, що в майбутньому головним джерелом енергії повинна стати сонячна енергія і енергія вітру. Інші варіанти розглядаються набагато рідше: 16% вказують на гідроелектроенергію, 12% – природний газ, 10% – атомна енергетика, 8% – нафта, 5% – вугілля. [3]

Для вирішення цього завдання необхідно формування комплексу заходів державної політики у зазначеній сфері, що передбачають системну державну підтримку і пов'язаних з наміченими і реально здійснюваними темпами розвитку відновлюваних джерел енергії. Забезпечити необхідні темпи неможливо без створення необхідної інфраструктури, підвищення конкурентоспроможності виробництва електроенергії на базі відновлюваних джерел енергії.

Загалом державна політика у сфері використання відновлюваних джерел енергії на період до 2030 року передбачає:

- координацію заходів у галузі розвитку електроенергетики та відновлюваної енергетики;
- раціональне застосування заходів державної підтримки розвитку відновлюваної енергетики;
- створення сприятливих умов для залучення позабюджетних інвестицій з метою спорудження нових та реконструкції існуючих генеруючих об'єктів;
- підтримку розвитку малих підприємств, що функціонують на ринку енергетичного сервісу у сфері відновлюваної енергетики;
- забезпечення доступності інформації про формування та реалізацію заходів з розвитку відновлюваної енергетики;
- здійснення технічного і технологічного контролю та нагляду за дотриманням вимог безпеки при використанні відновлюваних джерел енергії [2].

Необхідність державної підтримки альтернативної енергетики обумовлена високими вхідними бар'єрами для використання установок з отримання електроенергії з відновлюваних джерел, до яких відносяться і відносно великий обсяг капітальних вкладень, і досить висока ціна 1 кВт·год. реформи, спрямовані на розвиток електроенергетичного оптового і роздрібного ринку, і реалізовані шляхом реструктуризації енергетичної галузі, підготували сприятливий ґрунт для підтримки альтернативної енергетики.

Одним з елементів державної політики підтримки розвитку альтернативної енергетики є її підтримка через довгостроковий ринок електричної потужності. Передбачається забезпечити гарантовану участь в енергосистемі малим ГЕС, вітровим, геотермальним, приливним і сонячним станціям за допомогою укладення договорів про купівлю-продаж потужності нових станцій на основі відновлювальних джерел енергії, як це зараз

застосовується щодо потужності нових АЕС і ГЕС. Таким чином, передбачається забезпечувати обов'язкову покупку електроенергії, виробленої з використанням відновлювальних джерел енергії.

В табл. 1.2 наведено результати порівняльного аналізу інструментів державної підтримки альтернативної енергетики.

Таблиця 1.2

Порівняльний аналіз різних підходів до проведення державної програми з розвитку енергетики[18, 29, 53]

Критерій	Зелені сертифікати (США)	Тарифи на підключення (Євросоюз)	Укладення договорів в рамках довгострокового ринку потужності (Україна)
ступінь контролю з боку держави	відносно низький	високий	високий
характер впливу на формування тарифу для кінцевого споживача	тариф не змінюється / знижується	тариф збільшується	тариф збільшується
універсальність застосування всередині країни	висока диференціація по регіонах	однаковість застосування у всіх регіонах	однаковість застосування у всіх регіонах
ступінь гарантованості отримання доходу на вкладений капітал інвестора	низький	середній	високий
обов'язковість виконання	відсутня	обов'язково для кожного учасника	обов'язково для кожного учасника
гнучкість до внесення поправок	можливість внесення змін на рівні штату	можливість зміни надбавки урядом країни	можливість зміни умов укладення договору на державному рівні

Як видно з таблиці, український підхід ближчий до Європейського. Хоча, більш адекватним конкурентному електроенергетичному ринку є американський підхід.

У стратегічних планах України визначено, що до 2035 року держава має цілковито перейти на використання альтернативних джерел енергії у галузях виробництва електроенергії та теплозабезпечення. Це підкреслює необхідність систематичного аналізу та постійного контролю всіх етапів впровадження відповідного правового регулювання у цій сфері.

На сьогоднішній день державне регулювання у сфері альтернативної енергетики в Україні здійснює Кабінет Міністрів або за його дорученням Національна комісія, яка регулює електроенергетичний сектор відповідно до Указу Президента України від 23 листопада 2011 року № 105 «Про Національну комісію, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг» (далі – НКРЕ). Основними її функціями є контроль за діяльністю у сферах виробництва електроенергії та теплової енергії, включаючи установи, що використовують нетрадиційні або поновлювані джерела енергії, а також видача ліцензій на здійснення цих видів діяльності. Регулювання у цій галузі передбачає встановлення тарифів на електроенергію, вироблену на об'єктах альтернативної енергетики, а також на теплову енергію, здобуту з таких джерел.

З метою створення сприятливих умов для розвитку альтернативної енергетики в Україні здійснюється державне цільове фінансування будівництва «зелених» енергетичних об'єктів. Джерелом такого фінансування, згідно із статтею 8 Закону України «Про альтернативні джерела енергії», є спеціальний фонд, який формується переважно за рахунок збору у вигляді цільової надбавки, що включається до оптових тарифів на електро- і теплову енергію, а також за рахунок інших джерел надходжень. Ефективною формою державної підтримки розвитку альтернативної енергетики є правове регулювання формування цін на «зелену» енергію, яке передбачає встановлення компетентним органом фіксованої надбавки до тарифу, визначеної у порядку, встановленому для відповідного сегменту ринку електроенергії.

Революційним кроком у законодавчому забезпеченні сфери альтернативної енергетики та теплопостачання стали закони України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу», «Про альтернативні види палива», а також Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів». Згідно зі статтею 6 цього закону, земельні ділянки

об'єктів альтернативної енергетики є частиною земельного фонду енергетичної галузі, а також визначають організаційно-правові засади надання та використання земель для розміщення енергетичних об'єктів.

Основними нормативно-правовими актами у сфері освоєння альтернативних джерел енергії в Україні являється Закон «Про альтернативні джерела енергії» від 20.02.2003 р. Також правове регулювання здійснюється постановою Кабінету Міністрів України «Про програму державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, малої гідро- і теплоенергетики» від 31 грудня 1997 р.; указом Президента України від 08.09.2010 року № 895 «Про заходи щодо визначення і реалізації проектів із пріоритетних напрямів соціально-економічного та культурного розвитку», згідно якого одним із першочергових національних проектів є проект «Нова енергія», що передбачає використання альтернативних джерел енергії. Тому розвиток цього проекту, по-перше, вирішує проблему економічної ефективності транспортування електроенергії, а по-друге, зберігає довкілля, що робить дані території привабливими для розвитку туристичного бізнесу.

Виробництво електроенергії з біомаси та біогазу в Україні заохочується через застосування «зеленого» тарифу, який визначений Законом України «Про альтернативні джерела енергії». Цей тариф діє до кінця 2029 року і становить 12,39 євроцентів за кіловат-годину (без врахування ПДВ) для електроенергії, отриманої з біомаси і біогазу. Закон також передбачає можливість для об'єктів електроенергетики, запущених у період з 1 липня 2015 року по 31 грудня 2024 року, отримати додаткову надбавку до «зеленого» тарифу при дотриманні визначених критеріїв щодо використання українського обладнання. Однак така форма виробництва енергії наразі є недостатньо привабливою через несправедливі розрахунки, затримки у виплатах і заборгованість перед виробниками електроенергії за «зеленим» тарифом з боку гарантованого покупця.

Крім того, недосконалість законодавчо-правової бази розвитку біоенергетики, неясність стратегічних напрямків та відсутність чітких

механізмів реалізації поставлених цілей є ключовими факторами низького рівня інвестицій та недостатньої конкурентоспроможності українських підприємств, що займаються виробництвом і постачанням альтернативних енергоносіїв.

Серед значущих нормативних документів варто виділити Концепцію реалізації державної політики у сфері тепlopостачання, затверджену розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 569-р. Згідно з цією Концепцією, одним із пріоритетних напрямків підвищення технологічного рівня систем тепlopостачання є розвиток та активізація переходу виробництва теплової енергії на альтернативні джерела, що дозволить зменшити залежність від природного газу. Для підтримки та розвитку об'єктів тепlopостачання, що використовують альтернативні енергоресурси, планується вдосконалення нормативно-правової бази.

На даний час в Україні реалізується Енергетична стратегія країни до 2035 року під назвою «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Основними її цілями є досягнення максимальної енергетичної незалежності держави. Також у стратегії наголошується, що поширення європейських енергетичних стандартів на українське законодавство здатне сприяти лібералізації та демонополізації внутрішніх енергетичних ринків, зробивши їх більш прозорими і конкурентоспроможними.

Отже, в даний час в Україні відсутня єдина державна або регіональна стратегія розвитку альтернативної енергетики, а також системний підхід до впровадження заходів, що сприяють популяризації альтернативних джерел енергії на регіональному і загальнодержавному рівнях. Реалізація заходів, спрямованих на формування суспільної свідомості щодо необхідності підвищення енергоефективності, розвитку та використання відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, вимагає розробки чіткої державної стратегії розвитку галузі на довгостроковий (до 2050 року) період.

Створення та затвердження такої стратегії має супроводжуватися системною інформаційною підтримкою на державному та регіональному рівнях.

### **1.3. Оцінка природно-ресурсного потенціалу України для розвитку сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики**

Потенціал нетрадиційних відновлюваних джерел енергії визначається кліматичними характеристиками, обсягами відходів виробництва і промислової переробки його продукції, розвитком технологій і т. д. Особливості природних умов і господарської діяльності визначають регіональні відмінності потенціалу відновлюваних джерел енергії. При аналізі можливостей і перспектив використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та оцінки їх майбутніх ролей в енергокомплексах України важливо розглядати не тільки кожен ресурс ізольовано, а й проводити типологію областей на основі характеристики рівня забезпеченості ресурсами комплексу нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, які мають найбільше значення для країни в цілому.

Потенціал сонячної енергії в Україні є досить високим для широкого впровадження геліосистем як теплоенергетичного, так і фотоелектроенергетичного обладнання практично на всій території. Сонячне випромінювання в Україні становить 3500-5200 МДж/м<sup>2</sup> на рік [11]. Сезонний період для активного використання сонячної енергії в північних регіонах триває з квітня по вересень, а в південних з березня по жовтень, що становить 1900-2400 год/рік. Загальне середньорічне сонячне випромінювання варіюється від 1070 кВт год/км<sup>2</sup> в північних районах України до 1400 кВт год/км<sup>2</sup> на півдні країни.

За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання (радіації) на території України необхідно виділити чотири зони. У першій і другій зонах знаходяться всі південні області України; більше половини території нашої країни знаходяться в третій зоні, четверта зона найменш придатна для

використання сонячної енергії. В цілому територія України відноситься до зон з середньою інтенсивністю сонячної радіації. У реальних умовах величина щільності прямої і дифузійної, сонячної радіації залежить від широти місцевості, прозорості атмосфери, характеристик земної поверхні, а також від часу доби і пори року.

З цієї причини величина річного попадання сонячної радіації на 1 м<sup>2</sup> з поверхні землі істотно варіюється для різних регіонів України і має статичний характер розподілу [2].

Однак цілком очевидною визначальною тенденцією при цьому є збільшення щільності сонячної радіації і кількість сонячних днів в напрямку з півночі на південь з відповідним збільшенням річного попадання сонячної радіації на 1 м<sup>2</sup> поверхні землі. Кількість літньої енергії сонячної радіації у великих містах України: Сімферополь – 4,99 ГДж/м<sup>2</sup>, Одеса – 4,88 ГДж/м<sup>2</sup>, Донецьк – 4,44 ГДж/м<sup>2</sup>, Київ – 4,12 ГДж/м<sup>2</sup>, Суми – 3,89 ГДж/м<sup>2</sup>, Львів – 3,85 ГДж/м<sup>2</sup> [3]. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні з еквівалентним 6 млн. у. т. його використання дозволяє заощадити близько 5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу. Збільшення споживання сонячної енергії в багатьох регіонах вирішило б проблеми гарячого водопостачання в теплі пори року.

Геотермальна енергія – це енергія земних надр, яка знаходиться в твердих породах Землі і підземних водах. Тепло в земних надрах є частково первинним теплом, що виникло в процесі формування нашої планети, і частково – теплом, яка виділяється при розпаді радіоактивних елементів, таких як уран, торій і калій. З наближенням до центру Землі температура збільшується (близько 25°З/км), в ядрі Землі вона становить понад 6000°С. Під земною корою знаходиться шар розплавлених і гарячих порід – магма. Іноді гаряча магма піднімається на поверхню у вигляді лави. Магма, температура якої досягає 1400°С, обігріває навколишні породи і воду, яка в них міститься [4].

Кількість тепла, накопичена в земних надрах, дуже велика і становить близько 35 ТВт на 10 км, що в 50000 разів перевищує кількість тепла, накопичену у всіх родовищах природного газу в світі. Дощова вода проникає вглиб землі, де обігривається її теплом.

Деякі джерела з теплою, гарячою водою і паром знаходяться настільки близько до поверхні Землі (до 3 км), що можуть добуватися за допомогою буріння. Частина теплої води через розколи (структури, що виникають в результаті руху порід) і щілини потрапляє на поверхню землі у вигляді джерел або гейзерів. Проте більшість води знаходиться глибоко під землею в щілинах і порах твердих порід. Такі природні накопичення води і водяної пари називаються геотермальними резервуарами або родовищами. Високі температури спостерігаються в тих зонах, де відбуваються або відбувалися в недалекому геологічному минулому вулканічні явища.

Україна має значні ресурси геотермальної енергії. Дані показники технічного та доцільно економічного потенціалу оцінювалися з урахуванням технічної бази, економічної ситуації та завдань «Програми розвитку НВІЕ в Україні» в розділі «Геотермальна енергетика».

За різними оцінками, ресурси геотермальної теплоти з урахуванням розвіданих запасів і ККД перетворення геотермальної енергії зможуть забезпечити роботу ГеоТЕС загальною потужністю до 200-250 млн.кВт (при глибинах буріння свердловин до 7 км і терміни роботи станцій до 50 років), а також систем геотермального теплопостачання загальною потужністю до 1,2-1,5 млрд. кВт (при глибинах буріння свердловин до 4 км при тому ж періоді експлуатації). Це еквівалентно запасам  $3,4 * 10^{11}$  тонн у.т. [5].

Освоєння тільки розвіданих ресурсів термальних вод і парогідротерм дозволить покрити понад 10% потреб України в тепловій та електричній енергії, значно скоротити споживання органічного палива. До того ж ці цифри можуть бути збільшені, так як досліджено тільки 45% території України.

В Україні було закладено понад 12000 свердловин для визначення теплового поля. За цими даними складено атлас геотермальної енергії по

різних глибинах. З нього видно, що найбільш перспективним для видобування високопотенційних енергоресурсів є Карпатський геотермічний район, який характеризується високим геотермічним градієнтом і відповідно високими температурами гірських порід порівняно з іншими регіонами України [6].

Температура порід в свердловинах, пробурених в Карпатах, на глибині 4 км досягає  $+210^{\circ}\text{C}$ , на глибинах до 6 км температура гірських порід в районі досягає  $+230-275^{\circ}\text{C}$ . А найбільш доступними вважаються геотермальні свердловини глибиною від 550 м до 1,5 км, де температура води досягає  $+40-60^{\circ}\text{C}$ .

Крім того, необхідно відзначити економічну доцільність використання термальних вод таких родовищ як Березівське, Косинське, Залуське, Терезлянське, Велятинське, Великопаладське та перспективним районом для розвитку геотермальної енергетики є Крим. Глибини пробурених свердловин тут невеликі: до 2000 м, температура термальних вод на гирлі  $50-70^{\circ}\text{C}$ , їх мінералізація – 20-70 г/л, температура ж гірських порід на глибинах 3,5-4 км може досягати  $160-180^{\circ}\text{C}$ . На сучасному етапі низькопотенційні геотермальні енергоресурси Криму використовуються для теплопостачання.

Третім перспективним районом для розвитку геотермальної енергетики є Дніпровсько-Донецька западина, що включає в себе області: Чернігівську, Полтавську, Харківську, Луганську та інші. Цей регіон є одночасно великим і потужним споживачем теплової та електричної енергії. З точки зору її геології, в Україні склалися всі передумови для використання цієї технології. У технічному плані, враховуючи розвиток науки і техніки в Україні, теж не може бути будь-яких обмежень у застосуванні цієї технології [7].

Енергія руху атмосферних потоків, тобто енергія вітру є перетвореною формою сонячної енергії. Вітер виникає через різницю температур нагрівання континентів і морів, полюсів і екватора, тобто через різницю тисків між окремими тепловими зонами. Відомо, що близько 2% сонячної енергії, що доходить до поверхні землі, перетворюється в кінетичну енергію вітру, яка становить близько 2700 ТВт. Приблизно 25% цієї енергії припадає на

стометрову товщину шару атмосферного повітря, що оточує безпосередньо поверхню Землі. Вітри, що дмуть над поверхнею континентів (якщо врахувати різні види втрат, а також можливості розміщення вітрових станцій), мають енергетичний потенціал потужністю 40 ТВт. Лише 10% цієї потужності перевищує весь потенціал континентальної водної енергії і в 20 разів більше, ніж потужність всіх існуючих на сьогоднішній день в світі електростанцій [8].

Ресурси енергії вітру є невичерпними. Для використання енергії вітрів у відкритому морі там, де дозволяє глибина дна, встановлюють вітрові електростанції, енергія яких оцінюється в 20 ТВт. З точки зору можливості використання вітру в енергетичних цілях для його характеристики аналізують дві величини – швидкість і повторюваність.

Оскільки швидкість вітру найменша поблизу землі і зростає зі збільшенням висоти, вітрогенератори розміщують на висоті від декількох десятків до близько 100 м. Оптимальна середня швидкість вітру для енергетичного використання становить 4-25 м/с. При швидкості вітру нижче мінімального порогу аеродинамічна сила вітру не створює необхідного крутного моменту моменту турбіни, в той час як при перевищенні максимальної швидкості вітру створюється крутний момент, який може викликати механічне пошкодження вітрової енергетичної установки (ВЕУ).

Повторюваність – це сума годин за рік, в яких вітер дме з певною швидкістю. Від цього показника залежить доцільність побудови вітроелектростанцій. При повторюваності приблизно 2000 годин у рік і більше споруди ВЕУ вважають рентабельним.

Для визначення енергетичних запасів вітру необхідні докладні багаторічні метеорологічні спостереження. На першому етапі оцінюються регіональні ресурси (макропоказники). Для розрахунку кожної конкретної вітроелектростанції необхідно врахувати ще багато факторів, які можуть впливати на ефективність установки. Інвестори, які бажають будувати електростанцію або вітрову ферму і планують отримати дофінансування з фондів Євросоюзу для вищезгаданої установки, повинні обов'язково

представити річні результати вимірювань вітру на території, де необхідно встановити вітрову установку.

Україна має досить високий кліматичний потенціал вітрової енергії, який забезпечує продуктивну роботу не тільки автономних вузлів живлення, а й потужних вітроелектростанцій. Вважається, що до неї встановлена потужність вітроелектричних станцій (ВЕС) в централізованій енергосистемі України може становити до 16 000 МВт, а виробництво електроенергії може становити 25-30 ТВт/рік. Цю величину часто приймають як потенціал вітроенергетики. Необхідна площа під будівництво ВЕС становить 2500-3000 м<sup>2</sup>, що цілком реально з урахуванням мілководної частини Азовського і Чорного морів [9].

За іншими оцінками в Україні можна використовувати 7000 м<sup>2</sup> територій для будівництва ВЕС сумарною потужністю 35000 МВт, що дозволить забезпечити близько 2,5% від загального річного електроспоживання в Україні.

Інститутом відновлюваної енергетики нам України проведено дослідження та створено «Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України», що має вигляд збірника картографічних, табличних і текстових матеріалів, систематизованих за основними напрямками впровадження відновлюваних джерел енергії на рівні областей України та АР Крим. Вітроенергетичний потенціал різних територій України характеризується середньорічними швидкостями вітру на рівні 7,0-8,5 м/сек (на континенті – на висоті близько 100 м, а на акваторії – близько 50 м). Це дозволяє використовувати вітротехніку мегаватного класу потужності з річним коефіцієнтом використання потужності на рівні 0,3-0,4, що є досить ефективно.

Найбільш придатними регіонами для будівництва вітроелектричних станцій великої потужності є Крим, Карпати, узбережжя Чорного і Азовського морів, Донбас. Експлуатація тихохідних багатолопатевих вітроустановок з підвищеним крутним моментом для виконання механічної роботи (помелу

зерна, підняття і перекачування води тощо) є ефективною практично на всій території України, яка має територіальні можливості для будівництва рентабельних ВЕС як на суші, так і на морських акваторіях в межах територіальних вод.

Сучасна українська гідроенергетика представлена гідроелектростанціями великої потужності. Це 6 гідроелектростанцій Державної акціонерної генеруючої компанії «Дніпрогідроенерго» (каскад Київських ГЕС та ГАЕС: Канівська, Кременчуцька, Дніпродзержинська, Дніпровська та Каховська ГЕС), а також Дністровська ГЕС у складі Державної акціонерної енергогенеруючої компанії «Дністргідроенерго». Сумарна встановлена потужність гідроагрегатів на ГЕС двох компаній – 4700 МВт.

На жаль, на об'єкти малої гідроенергетики України довгий час не звертали уваги, що пов'язано з розвитком централізованого електропостачання. Якщо на початку 50-х рр, кількість побудованих малих гідроелектростанцій в Україні становила 956 із загальною потужністю 30000 кВт, то на сьогодні в Україні збереглося всього 48 діючих малих гідроелектростанцій, більшість з яких потребує і реконструкції [10]. До них відносяться такі порівняно потужні станції, як Гайворонська, Корсунь-Шевченківська, Ладизинська та ін.

Вплив природних і тимчасових факторів в умовах безгосподарного ставлення до цих станцій привів до розвалу цілого напрямку в енергетиці.

Зараз основою гідроенергетики України є каскад Дніпровських ГЕС, об'єднаних в ході реструктуризації енергетичної галузі в Державну акціонерну гідроенергетичну компанію «Дніпрогідроенерго». Унікальність підприємства в тому, що каскад ГЕС, розташований по Дніпру майже на тисячу кілометрів, має потужність 3,94 тис. МВт з річним виробленням близько 10 млрд.кВт/год електроенергії, що в енергетичному балансі України становить близько 6%. За час свого існування вона виробила понад 207 млрд.кВт/год дешевої енергії. За сучасними оцінками, в умовах ринкової економіки, чистий прибуток для

народного господарства тільки від продажу електроенергії склав більше 20 млрд.грн.

Річне вироблення Дніпровської ГЕС становить понад 4 млрд. кВт/год, що становить третину загального вироблення електроенергії на ГЕС, або більше 2% від загальнодержавного вироблення електроенергії всіма електростанціями країни.

Гідроелектростанції мають особливе значення при регулюванні частоти і виконання графіка навантажень в енергосистемі, що пояснюється мобільністю роботи гідротурбін в змінних режимах і винятковою оперативністю управління гідроагрегатами.

У той же час, 4700 МВт гідроенергетичної потужності України складають близько 9% сумарної потужності енергосистеми, цієї потужності недостатньо для забезпечення мобільного резерву енергосистеми, так як для надійної і стабільної роботи потужність повинна становити не менше 15% (за даними світової практики). У денний і піковий час доби, включаючи і вихідні дні, 2/3 регулюючих потужностей Об'єднаної енергосистеми України реалізується на Дніпровській ГЕС [11].

Переважаюча більшість малих річок мають довжину менше 10 км і площею водозбору від 20,1 до 500 км (87% всієї кількості і 72% всієї довжини малих річок України). Значна їх кількість у басейнах Вісли, Південної Бугу (9,2%) та Дунаю (8,3%): сумарна довжина зазначених річок у басейні Вісли становить 84%, Причорномор'я – 64% їх загальної довжини.

Середня площа водозбору малої річки в Україні становить близько 10 км, середня довжина – 3 км, щільність річкової мережі 0,31 км / м. Ширина річкового басейну коливається від 5-10 км в гірських районах до 10-15 км на решті території. Найбільший нахил водозбору спостерігається у річок Закарпатської (23%), найменший – у річок Придніпровської низовини (6,7%). Потенційні гідроенергетичні ресурси малих річок розподілені на території України надзвичайно нерівномірно, в гірських областях (Львівській, Закарпатській, Івано-Франківській та Чернівецькій), що становить 71,7% всіх

енергетичних ресурсів малих річок, а в семи областях Подільської височини (Вінницькій, Житомирській, Київській, Кіровоградській, Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській) – лише 14,2%. Найбільшою водоносною є Закарпатська область – 4532,0 млн.кВт год/рік (36,3%), а також Львівська – 1814 млн. кВт год/рік (14,5%). Херсонська та Запорізька області майже не мають потенційних запасів енергії малих річок [12].

На частину приток річок Дністра, Тиси, Прута і Південного Бугу припадає 82% всіх гідроенергетичних ресурсів України по малих річках, а всього, з урахуванням правобережних приток Дніпра і Прип'яті, в західній частині України зосереджено близько 90% всіх запасів гідроенергії.

Біомаса є органічною речовиною рослинного або тваринного походження, може використовуватися і в якості альтернативного джерела енергії. Звичайні форми біомаси – це деревина, солома, осад стічних вод, комунальні відходи.

Значна кількість біомаси утворюються при виробництві та переробці продукції рослинництва (солома від зернових, лушпиння, качани кукурудзи, відходи лісової, деревообробної промисловості та виробництва паперу). До біомаси також відноситься рослинний матеріал, який спеціально вирощується в енергетичних цілях, наприклад, плантації тополь, верб і т. д. Серед відходів тваринного походження слід зазначити біогаз, одержуваний шляхом ферментації тваринного гною і посліду [13].

Також біогаз добувають у відстійниках і на звалищах для органічних відходів.

Біомасою називають і піролізний (деревне) газ, що виникає при окисленні деревини. Цей газ може використовуватися для двигунів внутрішнього згоряння або для спалювання в газових котлах. Ще однією з форм біомаси є рідка форма. Частіше всього використовуються ефіри жирних кислот ріпакової олії (так званий біодизель), метанол або етанол, які ще називають біоетанолом і використовують в якості складової бензину.

На сьогоднішній день світові ресурси біомаси – джерело приблизно 44 Едж енергії на рік. Це становить близько 10% енергії, що використовується у світі, офіційно підтверджені ресурси біомаси у світі становлять близько 276 Едж/рік. Передбачається що 100% соняшникової лушпиння і 80% стебел соняшнику будуть використані в якості палива. У розрахунку передбачається, що гній використовується для виробництва біогазу [14]. З гною тільки 62% доступні для анаеробного зброджування. Треба підкреслити також нерівномірність розподілу біомаси по території України. Північно-західні області України лідирують у виробництві деревної біомаси, але значно поступаються відходам у виробництві відходів сільського господарства. Південно-східні та центральні регіони, з розвиненим сільського господарства, мають значний потенціал біомаси.

Оцінка природно-ресурсного потенціалу України для розвитку сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики є важливою складовою стратегічного планування енергетичного сектору країни. Україна має значний потенціал у всіх цих напрямках, що сприяє диверсифікації джерел енергії та підвищенню енергетичної безпеки.

## **Висновки до розділу 1**

Аналіз динаміки розвитку та структури відновлюваних джерел енергії в Україні дозволяє оцінити тенденції та ключові особливості цього сектору за останні роки. За останнє десятиліття в Україні відзначається поступове зростання обсягів виробництва енергії з відновлюваних джерел. Зокрема, у 2010 рр спостерігався значний приріст встановленої потужності, що був зумовлений як державними програмами підтримки, так і міжнародними інвестиціями. Особливо активізувався розвиток сонячної та вітрової енергетики після запровадження стимулюючих механізмів, таких як «зелені тарифи» та квотування.

Розвиток відновлюваної енергетики в Україні демонструє позитивну динаміку, проте для досягнення стратегічних цілей потрібно посилити зусилля у сфері регулювання, фінансування та впровадження інноваційних технологій.

Особливості реалізації державної політики у сфері використання відновлюваних джерел енергії в Україні та інших країнах включають аспекти. Враховуючи усі особливості, важливо створювати довгострокову та стабільну політику, яка враховує як національні потреби, так і міжнародні тенденції та стандарти, для успішного розвитку відновлюваної енергетики.

Загалом, природно-ресурсний потенціал України для розвитку сонячної, вітрової, біоенергетики та гідроенергетики є досить значним і дозволяє реалізовувати масштабні проекти у сфері відновлюваної енергетики. Важливим є подальше вдосконалення законодавчої бази, стимулювання інвестицій та впровадження сучасних технологій для максимально ефективного використання цих ресурсів у довгостроковій перспективі.

## РОЗДІЛ 2. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

### 2.1. Аналіз екологічних ризиків та впливу на довкілля відновлюваних джерел енергії в Україні

Україна демонструє значний поступ у сфері відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), посідаючи позицію серед десяти провідних країн світу за динамікою розвитку цього сектору та входить до п'ятірки європейських держав із найшвидшим зростанням сонячної енергетики. Сектор привернув більше ніж 12 мільярдів доларів прямих іноземних інвестицій, а сумарна встановлена потужність ВДЕ досягла 9655,9 МВт. Частка електроенергії з відновлюваних джерел становила 8,1%, де 56% припадає на сонячні установки та 33% на вітрові. На початку 2025 року сектор ВДЕ продовжує експансію, незважаючи на зовнішні виклики та умови воєнного конфлікту [Відновлювальні Джерела Енергії в ].

У 2022 році в Україні було ухвалено Національний план дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року. Цей документ класифікується як елемент державної планувальної документації, зокрема стратегій, планів, схем, містобудівних матеріалів, загальнодержавних ініціатив, цільових державних програм та інших подібних програмних документів (включаючи їхні модифікації), які розробляються або затверджуються органами державної влади чи місцевого самоврядування. Він безпосередньо пов'язаний із сферою енергетики, а його впровадження передбачає здійснення заходів, для яких законодавство вимагає проведення оцінки впливу на навколишнє середовище. З цієї причини на нього поширюються положення Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку» [23].

Отже, розглянемо екологічні проблеми, у тому числі ризики впливу на здоров'я населення, пов'язані з реалізацією Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року в Україні.

У межах даної оцінки під наслідками для навколишнього середовища, зокрема для здоров'я населення, розуміють потенційні впливи на компоненти екосистеми, такі як флора, фауна, біорізноманіття, ґрунти, кліматичні умови, атмосферне повітря, водні ресурси, ландшафт (включно з антропогенним), природні території та об'єкти, а також на безпеку життєдіяльності людей, їхнє здоров'я, матеріальні цінності та об'єкти культурної спадщини, а також взаємодію цих факторів. Впливи на довкілля за своєю природою поділяються на первинні – безпосередньо пов'язані з реалізацією проекту і його безпосереднім впливом на екологічні компоненти, та вторинні – що виникають як наслідок первинних змін у навколишньому середовищі.

Під кумулятивним впливом розуміють сукупність впливів, які виникають у результаті реалізації запланованої діяльності разом із іншими існуючими або передбачуваними у найближчому майбутньому антропогенними факторами, здатними спричинити значущі позитивні або негативні зміни в стані навколишнього середовища чи соціально-економічних умов. Кумулятивні ефекти можуть формуватися внаслідок тривалого одночасного впливу низки незначних за індивідуальним масштабом факторів, що поступово накопичуються і в сукупності призводять до істотних наслідків.

Синергічний вплив характеризується взаємодією двох або більше факторів, при якій сумарний ефект значно перевищує просту суму окремих впливів кожного з них. Акумуляція впливів відбувається тоді, коли антропогенні або інші фізико-хімічні впливи на екосистему або її компоненти протягом певного часу перевищують здатність системи до їх асиміляції або трансформації.

Рівень деталізації та глибина оцінки наслідків для довкілля, включно зі здоров'ям населення, під час реалізації Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики до 2030 року, зокрема вторинних, кумулятивних,

синергічних, а також коротко-, середньо- та довгострокових (відповідно 1, 3-5 та 10-15 років, а за потреби – до 50-100 років), постійних і тимчасових, позитивних і негативних впливів, обмежується характером стратегічного планувального документа. Такий документ визначає загальні цілі та стратегічні завдання без конкретизації технологічних параметрів, потужностей, кількості чи розташування окремих інфраструктурних об'єктів і інших функціональних елементів.

Короткострокові (до 1 року) та частково середньострокові (3-5 років) наслідки переважно пов'язані з будівельними роботами на об'єктах, що плануються, і характерні для всіх видів енергетики, передбачених до розвитку. Середньо- та довгострокові наслідки (3-5, 10-15 років) можуть виникати у разі порушення технологічних регламентів експлуатації енергетичних об'єктів та специфіки функціонування окремих видів енергетичної інфраструктури. Постійні наслідки реалізації плану проявляються під час експлуатації об'єктів енергетики та супутньої інфраструктури, тоді як тимчасові – у період будівництва або в разі виникнення аварійних ситуацій.

Аналіз екологічних ризиків та впливу на довкілля відновлюваних джерел енергії в Україні відповідно до Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року проведемо у табл. 2.1.1.

Аналіз екологічних ризиків та впливу на довкілля відновлюваних джерел енергії в Україні[23].

Екологічний аспект	Види ВДЕ	Потенційні ризики та впливи	Заходи з мінімізації
Повітря	Майже всі види ВДЕ (гідро-, вітро-, сонячна, геотермальна)	Відсутність викидів забруднювачів на стадії експлуатації. Тимчасові викиди на стадії будівництва від пересувних джерел (вантажна техніка, дизельні приводи).	Мінімізація через контроль за технікою та вибором місць будівництва.
	Біоенергетика (спалювання соломи, рослинної маси)	Викиди монооксиду вуглецю (CO) і сажі. Викиди CO <sub>2</sub> компенсуються фотосинтезом, що робить технологію вуглецево нейтральною.	Забезпечення ефективного спалювання та фільтрації викидів.
Вода	Гідроенергетика (великі та малі ГЕС, особливо з водосховищами; дериваційні ГЕС)	Порушення водообміну, уповільнення течії, погіршення якості води, збільшення випаровування, ризик обміління та замулення русла. Менші наслідки для дериваційних ГЕС.	Дотримання технологічних норм, моніторинг якості води.
	Вирощування енергетичних культур (кукурудза, рапс)	Вторинні наслідки: вимивання поживних речовин (азот, фосфор, калій) та агрохімікатів із ґрунту, що погіршує якість поверхневих та підземних вод. Збільшення потреб у воді для зрошення в посушливих регіонах.	Оптимізація агротехніки, використання екологічних добрив, контроль за зрошенням.
	Більшість видів ВДЕ (гідро-, вітро-, сонячна, біо-)	Значні об'єми води не потрібні на стадії будівництва, окрім геотермальної енергетики (буріння свердловин).	Обмеження використання води та дотримання регламентів буріння.
Ландшафт	Більшість видів ВДЕ (вітро-, сонячна, біо-, геотермальна)	Відсутність істотного перетворення ландшафтів, зміни рельєфу чи значних земляних робіт.	Вибір місць з мінімальним впливом на ландшафт.
	Гідроенергетика (середні та великі ГЕС з водосховищами)	Затоплення прибережних територій, зміна заплавної ділянок.	Оцінка впливу на ландшафт перед будівництвом.

## Продовження табл. 2.1.1

Екологічний аспект	Види ВДЕ	Потенційні ризики та впливи	Заходи з мінімізації
Ґрунт та надра	Всі види ВДЕ	Незначні короточасні впливи на стадії будівництва: знімання та переміщення ґрунту для майданчиків, під'їзних шляхів та комунікацій (особливо в віддалених місцях без інфраструктури).	Мінімізація площі порушення, рекультивація ґрунту.
	Геотермальна енергетика (гідротермальна)	Порушення цілісності надр через викачування та закачування підземних вод, але відсутність істотних впливів на водоносні горизонти при дотриманні регламентів.	Дотримання герметичності систем, моніторинг.
Природні території та об'єкти	Всі види ВДЕ	Вплив у разі будівництва в межах природоохоронних територій (заповідний фонд, екомережа, Смарагдова мережа, водно-болотні угіддя, біосферні резервати ЮНЕСКО).	Обов'язкова оцінка впливу на довкілля, дотримання законодавства України.
	Малі ГЕС (МГЕС)	Найвищі ризики в західних областях України (Карпати) через наближеність до гірських річок.	Оцінка впливу, уникнення охоронних зон.
	Вітроенергетика	Ризики на морському узбережжі або біля орнітологічних заказників/міграційних шляхів птахів.	Вибір місць поза міграційними коридорами.
Безпека життєдіяльності населення та здоров'я	Всі види ВДЕ	Практично нейтральні наслідки через відсутність забруднення повітря та води. Мінімальні шумові та електромагнітні впливи при дотриманні санітарно-захисних зон.	Дотримання Санітарних правил забудови населених пунктів.
Матеріальні активи, об'єкти культурної спадщини	Всі види ВДЕ	Ризики перекриття ділянок з археологічною або історично-культурною цінністю на незабудованих землях.	Проведення вишукувань та експертних оцінок перед будівництвом.
Флора, фауна, біорізноманіття	Всі види ВДЕ	Вплив через втручання та занепокоєння при будівництві інфраструктури, особливо біля природних ландшафтів або міграційних шляхів.	Мінімізація втручання, вибір місць.

## Продовження табл. 2.1.1

Екологічний аспект	Види ВДЕ	Потенційні ризики та впливи	Заходи з мінімізації
	Гідроенергетика (ГЕС, МГЕС на малих річках)	Найпомітніші наслідки на іхтіофауну та гідробіонтів.	Спорудження рибопропускних споруд для забезпечення міграції риби.
Клімат	Всі види ВДЕ	Синергічний ефект змін клімату; енергетика є основним джерелом викидів парникових газів (ПГ) у світі (47% CO <sub>2</sub> від виробництва електроенергії в Україні у 2019 р.). У 2020 р. викиди ПГ від енергетики склали 207,99 млн т CO <sub>2</sub> -екв. (66% загальних), але зменшилися на 71,3% з 1990 р.	Врахування кліматичних наслідків у плануванні (згідно Стратегії екологічної безпеки України до 2030 р. та рекомендацій Міндовкілля). Розвиток ВДЕ як спосіб пом'якшення викидів.

Аналіз екологічних аспектів відновлюваних джерел енергії в Україні свідчить про загалом низький рівень негативного впливу на навколишнє середовище порівняно з традиційними джерелами, такими як викопне паливо. Протягом експлуатації більшість видів ВДЕ, зокрема гідро-, вітро-, сонячної та геотермальної енергетики, практично не генерують викидів забруднювачів в атмосферу, що робить їх екологічно привабливими альтернативами. Наприклад, енергетичний сектор України є основним джерелом викидів парникових газів (ПГ) у світі, з часткою 47% CO<sub>2</sub> від загального виробництва електроенергії в країні за 2019 рік. Однак у 2020 році обсяг викидів ПГ від енергетики становив 207,99 млн тонн CO<sub>2</sub>-екв, що складає 66% від загальних викидів по Україні, але водночас відображає зниження на 71,3% порівняно з 1990 роком завдяки впровадженню більш екологічних технологій. Це підкреслює синергічний ефект ВДЕ у контексті глобальних змін клімату, де енергетика відіграє ключову роль у пом'якшенні наслідків, як передбачено

Стратегією екологічної безпеки України до 2030 року та рекомендаціями Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів.

Потенційні ризики зосереджені переважно на стадії будівництва, де виникають тимчасові впливи, такі як викиди від пересувної техніки або порушення ґрунтів. Для повітряного середовища біоенергетика (спалювання соломи чи рослинної маси) може призводити до викидів монооксиду вуглецю (CO) та сажі, але компенсація CO<sub>2</sub> через фотосинтез забезпечує вуглецеву нейтральність. Водні ресурси зазнають найбільшого впливу від гідроенергетики, особливо великих та малих ГЕС з водосховищами, де спостерігається порушення водообміну, уповільнення течії та ризик обміління русел, що може погіршити якість води. Вирощування енергетичних культур, таких як кукурудза та ріпак, спричиняє вторинні наслідки у вигляді вимивання поживних речовин (азоту, фосфору, калію) та агрохімікатів, що підвищує потребу у воді для зрошення в посушливих регіонах. Ландшафтні зміни обмежені, за винятком гідроенергетики, де затоплення територій вимагає попередньої оцінки впливу. Вплив на ґрунт та надра є короткочасним, з акцентом на рекультивацію після будівництва, тоді як геотермальна енергетика потребує моніторингу цілісності надр для уникнення впливу на водоносні горизонти.

Ризики для природних територій та біорізноманіття є значними при будівництві в межах заповідних зон, екомережі чи біосферних резерватів ЮНЕСКО, особливо для малих ГЕС у Карпатах та вітроенергетики біля міграційних шляхів птахів. Вплив на флору, фауну та іхтіофауну мінімізується через вибір місць та спорудження рибопропускних споруд. Безпека населення та здоров'я залишається практично нейтральною завдяки відсутності забруднення, з мінімальними шумовими та електромагнітними впливами в межах санітарно-захисних зон. Ризики для матеріальних активів та культурної спадщини виникають при перекритті археологічних ділянок, що вимагає попередніх вишукувань.

Таким чином, заходи з мінімізації ризиків, такі як дотримання технологічних норм, моніторинг якості води та повітря, рекультивація ґрунтів та оцінка впливу на довкілля, забезпечують сталий розвиток ВДЕ. Розвиток цих джерел є ключовим для зниження викидів ПГ, сприяючи переходу до низьковуглецевої економіки. Рекомендується посилення законодавчого контролю та інтеграція ВДЕ у національні стратегії, щоб максимізувати екологічні переваги та мінімізувати потенційні загрози.

## **2.2. Оцінка внеску відновлюваних джерел енергії в Україні у зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин**

Внесок відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні в зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин полягає у заміщенні вугільного палива, яке є основним джерелом викидів CO<sub>2</sub> та шкідливих забруднювачів, таких як діоксид сірки та оксиди азоту. Хоча ВДЕ ще не займають домінуючого становища в українській енергетиці, їхнє зростання безпосередньо сприяє покращенню якості повітря, зменшенню глобального потепління та підвищенню енергетичної безпеки країни.

У сучасному світі, що стикається з серйозними міжнародними проблемами, включаючи кліматичні зміни та посилення залежності від невідновлюваних енергетичних ресурсів, багато держав світу визначають перехід до економіки без вуглецевих викидів як одну з найважливіших цілей. Воднева енергетика, яка опирається на водень як екологічно чисте паливо, відіграє центральну роль у цій глобальній трансформації. Вона надає можливості для скорочення емісій парникових газів, інноваційного розвитку енергетичного сектору та підтримки довгострокового економічного прогресу. Україна, завдяки своєму значному потенціалу в галузі відновлюваних джерел енергії та вигідному географічному положенню, здатна взяти активну участь у цьому процесі [13].

На рис. 2.2.1 наведемо структуру викидів парникових газів в Україні.

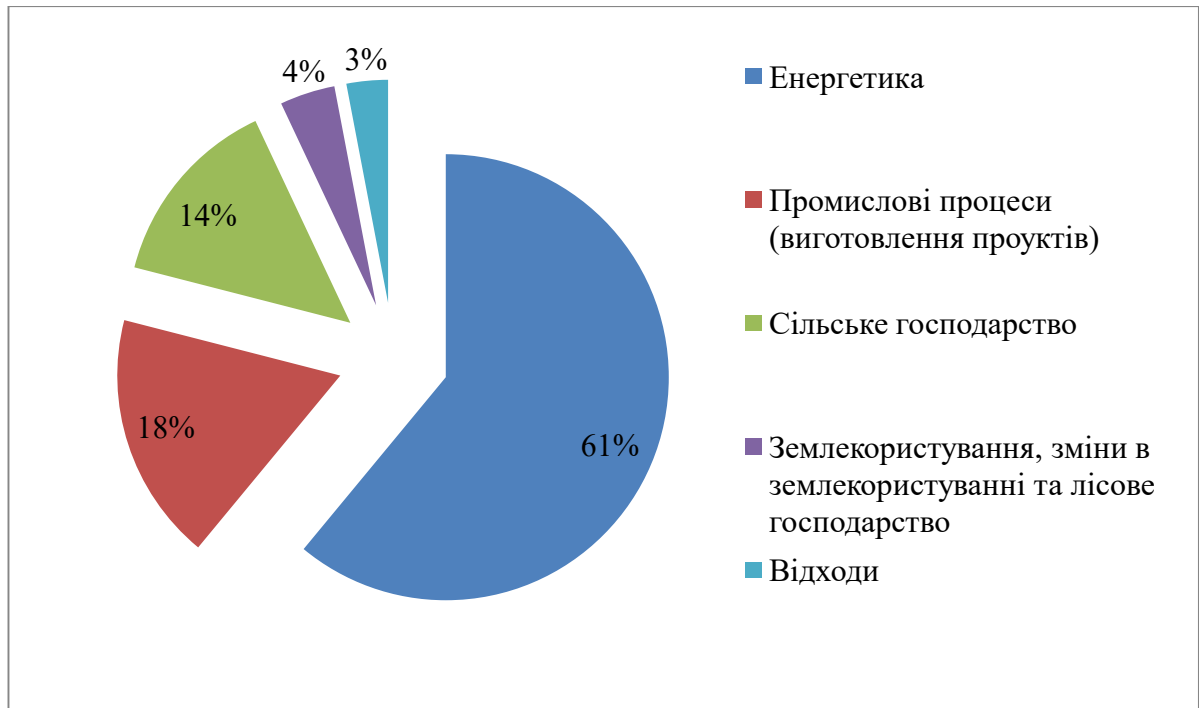


Рис. 2.2.1. Структура викидів парникових газів в Україні[15]

На рис. 2.2.1 представлено розподіл викидів парникових газів в Україні, що демонструє основні джерела забруднення атмосфери. Найбільший внесок у загальний обсяг викидів роблять такі сектори, як енергетика, промисловість, сільське господарство та транспорт. Енергетичний сектор домінує серед них, переважно через спалювання викопного палива для генерації електроенергії та тепла. Значну частку викидів забезпечують також промислові процеси, зокрема діяльність важких галузей, таких як металургія та хімічна промисловість. Сільське господарство впливає на парникові викиди через застосування добрив, вирощування сільськогосподарських культур та тваринництво.

Варто відзначити, що у період з 2010 по 2023 рр. спостерігається загальна тенденція до зниження обсягів забруднюючих викидів, особливо помітна після 2014 року, що, ймовірно, пов'язано з економічними трансформаціями та впровадженням нових екологічних норм. Викиди діоксиду вуглецю також демонструють спад, хоча зменшення викидів від

пересувних джерел є менш вираженим, що свідчить про те, що основне скорочення CO<sub>2</sub> відбулося в промисловому секторі.

Особливу увагу привертають дані за 2022 р., коли зафіксовано значне зниження обсягів викидів, переважно зі стаціонарних джерел, що, ймовірно, пов'язано з економічними наслідками кризових подій. У 2023 р. показники повернулися до значень, близьких до довоєнних, що відображає поступове відновлення або адаптацію економічної діяльності після викликаних війною змін.

Зниження споживання первинної енергії на одиницю ВВП, а також загальний спад у загальному енергоспоживанні, свідчать про можливі структурні зміни в економіці або активне впровадження нових, більш ефективних джерел енергії. Загалом, ці тенденції мають важливе значення для оцінки результативності чинних екологічних та енергетичних політик і формування подальших стратегічних напрямів розвитку.

Аналіз динаміки обсягів викидів забруднюючих речовин в Україні за період 2011-2024 років свідчить про загальну тенденцію до зниження рівня забруднення повітря. Пік викидів спостерігався у 2012 році (6877,3 тис. т), після чого почалося поступове зменшення, яке було особливо виразним у період 2014-2016 років (рис. 2.2.2).

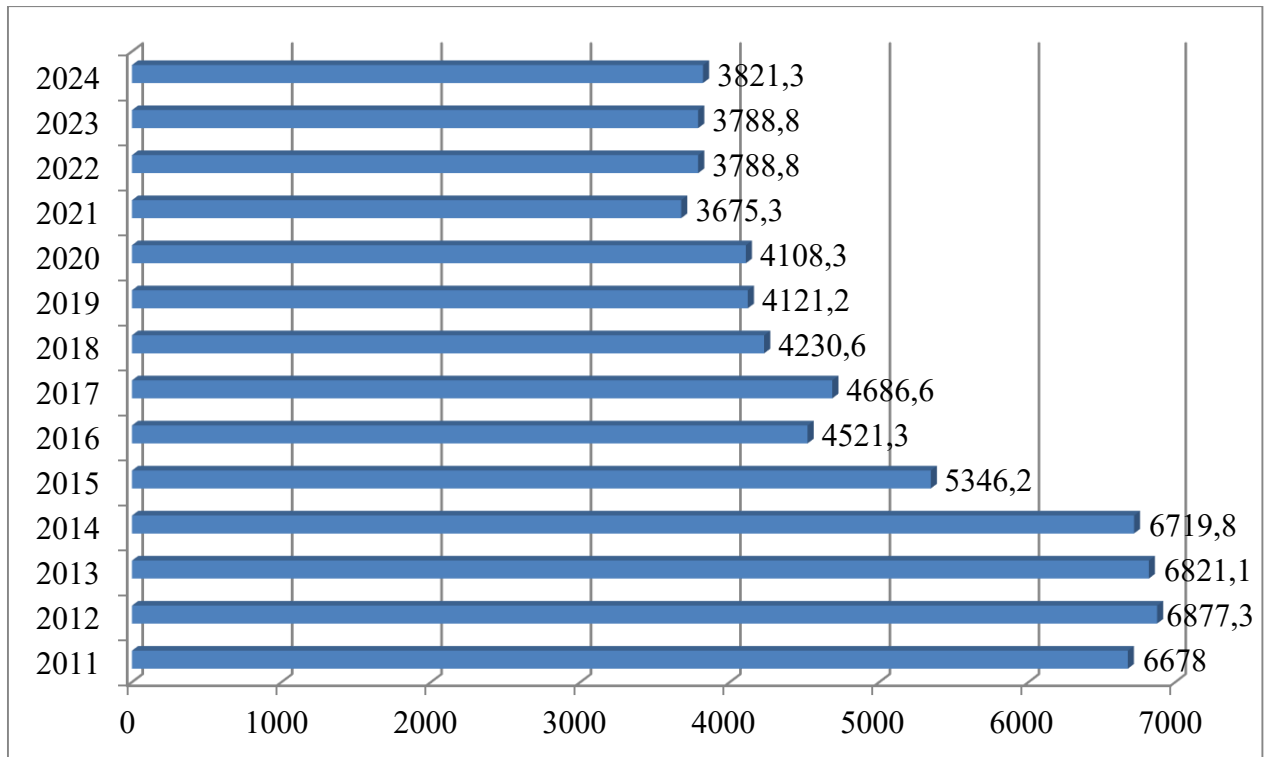


Рис. 2.2.2. Обсяги викидів забруднюючих речовин в Україні, усього (тис. т)[13]

Незважаючи на незначне коливання в 2017 р., загальна тенденція залишалася низхідною до 2021 р. Починаючи з 2022 р., відзначається стабілізація рівня викидів на рівні близько 3788 тис. т, що може свідчити про досягнення певного балансу між економічною діяльністю та заходами щодо контролю забруднення. Проте незначне зростання у 2024 році (3821,3 тис. т) вказує на необхідність подальшого моніторингу та впровадження ефективних екологічних стратегій для забезпечення сталого зниження викидів забруднюючих речовин та покращення якості атмосферного повітря.

Аналіз динаміки викидів діоксиду вуглецю в Україні за період 2011-2024 років демонструє нелінійну траєкторію з початковим зростанням до максимуму в 2014 році (197,6 млн. т), після якого спостерігається стійке зниження, особливо після 2016 року (рис. 2.2.3.).

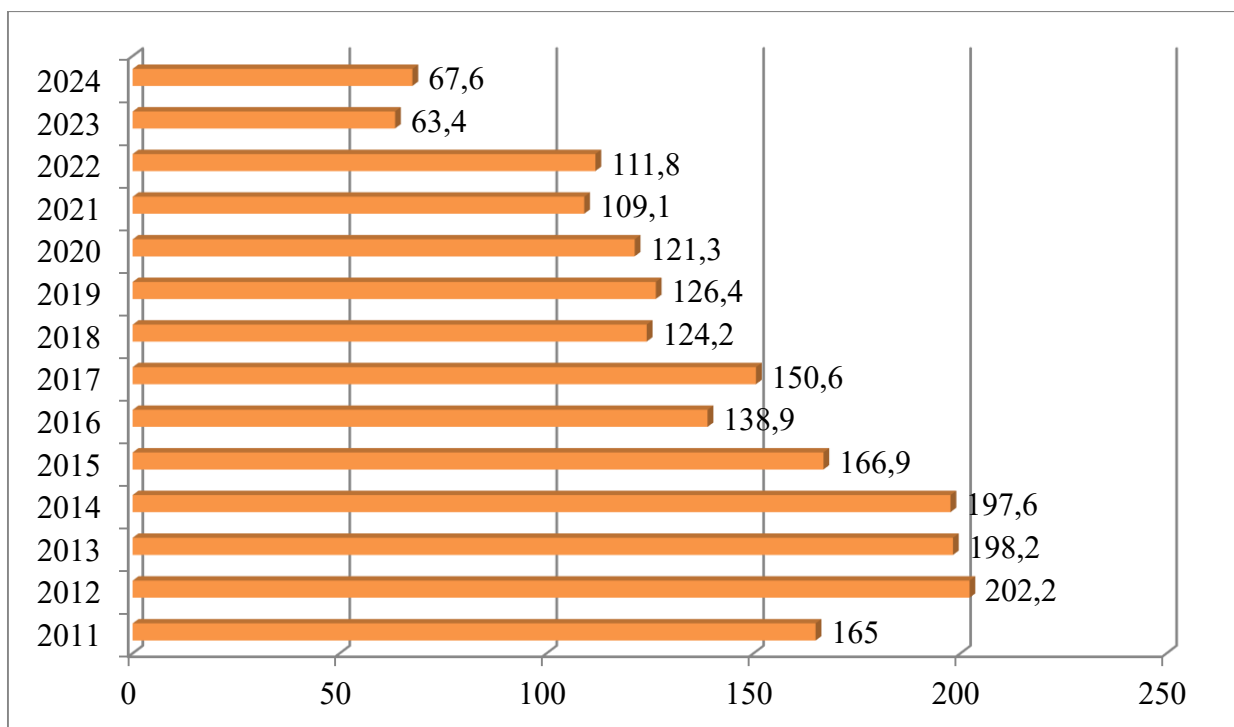


Рис. 2.2.3. Викиди діоксиду вуглецю в Україні, усього (млн. т)[13]

Різке падіння в 2023 році (до 63,4 млн. т) порівняно з попередніми роками може бути пов'язане з впливом зовнішніх факторів, таких як економічні зміни або глобальні події, що впливають на енергетичний сектор. Незважаючи на незначне зростання у 2024 році (67,6 млн. т), загальна тенденція свідчить про прогрес у декарбонізації, що корелює з переходом до більш екологічно чистих джерел енергії та регуляторними заходами. Проте коливання в останні роки вимагають подальшого моніторингу для оцінки довгострокової ефективності заходів щодо зниження емісій парникових газів та їхнього впливу на кліматичні індикатори. Ці дані підкреслюють необхідність інтеграції науково обґрунтованих стратегій для забезпечення сталого розвитку та дотримання міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів CO<sub>2</sub>.

Потрібно визначити, що у першому півріччі 2024 р. частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в енергетичному балансі України склала 9,8%, причому цей показник був зумовлений головним чином зменшенням обсягів теплової генерації через військові дії, а не лише прогресом у сфері ВДЕ. Компанія «Укренерго» має намір протягом наступних 2-3 років

підвищити потужності вітрової енергетики в п'ять разів, сонячної – на 60%, а також створити системи накопичення енергії, що демонструє амбітні плани щодо суттєвого розширення ВДЕ в перспективі.

Аналіз динаміки вартості виробництва зеленого водню та інших видів пального в Україні за період 2016-2026 років (табл. 2.2.1) демонструє стійку тенденцію до зниження собівартості екологічно чистого водню, який знизився з 2200 грн/кг у 2016 р. до 1400 грн/кг у 2024 р., що свідчить про прогрес у технологіях відновлюваної енергетики та зниження витрат на виробництво.

Таблиця 2.2.1

Аналіз вартості виробництва зеленого водню та інших видів пального в Україні

Рік	Собівартість зелено водню (грн/кг)	Ціна природного газу (грн/за 1000 м <sup>3</sup> )	Вартість вугільного палива (грн/тонна)
2016	2200	6500	1500
2017	2100	6200	1400
2018	2000	6300	1450
2019	1900	6000	1350
2020	1800	5700	1300
2021	1700	5500	1250
2022	1600	5300	1200
2023	1500	5400	1300
2024	1400	5500	1250

Джерело: [13]

Паралельно спостерігається помітне зменшення ціни природного газу з 6500 грн/за 1000 м<sup>3</sup> до 5500 грн/за 1000 м<sup>3</sup>, що може бути пов'язане з коливаннями на глобальних ринках та імпорнтними залежностями. Вартість вугільного палива також зазнавала флуктуацій, знизившись з 1500 грн/т у 2016 р. до 1250 грн/тонна у 2024 р., з тимчасовими підвищеннями у 2017 та 2022 рр., ймовірно, через економічні фактори та зміни у видобутку.

Загалом, зелений водень залишається менш конкурентоспроможним за ціною порівняно з традиційними видами пального, проте його швидке здешевлення створює передумови для потенційного зростання частки у енергетичному балансі України.

Таким чином, внесок ВДЕ в зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин є значним, але ще не домінуючим, з тенденціями до зниження викидів завдяки структурним змінам та екологічним політикам. Майбутнє зростання ВДЕ, включаючи водневу енергетику, вимагає подальшого моніторингу, інтеграції науково обґрунтованих стратегій та дотримання міжнародних зобов'язань для забезпечення сталого розвитку та покращення кліматичних індикаторів.

### **2.3. Порівняльний аналіз екологічних наслідків традиційної та відновлюваної енергетики**

Порівняльний аналіз екологічного впливу традиційної та відновлюваної енергетики дозволяє виявити, які з них мають найбільший негативний вплив на навколишнє середовище.

Традиційна енергетика характеризується виснаженням природних ресурсів, збільшенням викидів вуглецю та втратою біорізноманіття. Вирубка лісів через сільськогосподарські практики може впливати на місцеві екосистеми, місцеву флору та фауну.

Відновлювана енергетика (сонячна, вітрова, геотермальна, гідроелектроенергія та біомаса) має свої екологічні наслідки. Наприклад:

- сонячна та вітрова енергетика чинять мінімальний негативний вплив. У сонячної енергії є лише один недолік – нагрів, який створюють сонячні панелі. Для вітрової енергетики найбільша проблема – смертність птахів і кажанів;
- біомасова енергія та біопаливо можуть призвести до порушення місцевої фауни та флори, оскільки для виробництва такої енергії потрібна значна кількість лісів і пасовищ;
- гідроелектроенергія. Близько 30% гребель генерують парникові гази, а їхнє будівництво може потенційно зруйнувати домівки та місця проживання;

– геотермальна та припливна/хвильова енергетика завдають шкоди екосистемам під час будівництва.

Точний тип і інтенсивність екологічного впливу залежать від конкретної технології, географічного розташування та інших факторів.

Отже, у табл. 2.3.1 проведемо порівняльний аналіз екологічних наслідків застосування традиційної та відновлюваної енергетики.

Таблиця 2.3.1

Порівняльний аналіз екологічних наслідків застосування традиційної та відновлюваної енергетики

Критерій	Оцінка для традиційної енергетики (рівень впливу)	Оцінка для відновлюваної енергетики (рівень впливу)	Вага фактора (%)	Коментар щодо порівняння
1	2	3	4	5
Викиди парникових газів (ПГ, CO <sub>2</sub> )	Високий (домінуючий внесок у викиди, зниження лише на 71,3% з 1990 р.)	Низький (відсутність викидів на експлуатації, компенсація через фотосинтез у біоенергетиці)	30	ВДЕ сприяють зниженню викидів через заміщення; традиційна – основний фактор глобального потепління.
Викиди забруднюючих речовин (діоксид сірки, оксиди азоту, сажа)	Високий (значні викиди від спалювання, стабілізація після 2022 р.)	Низький (тимчасові викиди на будівництві; біоенергетика – нейтральна через фільтрацію)	20	ВДЕ мінімізують забруднення повітря; традиційна – причина погіршення якості повітря.

Продовження табл. 2.3.1

1	2	3	4	5
Вплив на водні ресурси	Високий (забруднення від промисловості, теплові викиди; потреба у воді для зрошення)	Середній (ризик для гідроенергетики; мінімізація через моніторинг)	15	Традиційна – більші ризики через забруднення; ВДЕ – локальні для гідро, але загалом нижчі.
Вплив на землю та ландшафт	Високий (видобуток, вирубка лісів, значні земляні роботи)	Низький (тимчасові порушення на будівництві; рекультивация)	10	ВДЕ – мінімальні зміни; традиційна – суттєві перетворення через видобуток.
Вплив на біорізноманіття (флора, фауна, іхтіофауна)	Високий (вирубка лісів, сільськогосподарські практики, вплив на міграційні шляхи)	Середній (ризик на будівництві, особливо для вітро- та гідроенергетики; рибопропускні споруди)	10	Традиційна – основна загроза через деградацію; ВДЕ – локальні, але контрольовані.
Вплив на здоров'я населення та безпеку	Високий (забруднення повітря/води, шум від промисловості; ризик для здоров'я)	Низький (практично нейтральний; дотримання санітарно-захисних зон)	10	ВДЕ – безпечніші; традиційна – підвищені ризики через токсини.
Довгострокові кліматичні ефекти	Високий (основний джерело ПГ; накопичення ефектів)	Низький (пом'якшення через декарбонізацію; синергічний позитив)	5	ВДЕ – інструмент адаптації; традиційна – прискорює зміни клімату.

Проведений аналіз у табл. 2.3.1 свідчить про суттєві переваги відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у контексті зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Традиційна енергетика характеризується високим рівнем викидів парникових газів, що є домінуючим чинником глобального потепління, тоді як ВДЕ практично не генерують таких викидів під час експлуатації, а біоенергетика додатково компенсує їх через фотосинтез. Аналогічно, традиційні технології спричиняють значні викиди забруднюючих речовин, що погіршують якість повітря, тоді як ВДЕ мають

мінімальний вплив, обмежений переважно будівельними роботами та нейтралізований природними процесами.

Щодо впливу на водні ресурси, традиційна енергетика створює високі ризики через забруднення та високі водозатрати, натомість ВДЕ, зокрема гідроенергетика, мають локальні, але контрольовані ризики, які можна мінімізувати шляхом моніторингу. Вплив на землю та ландшафт у традиційній енергетиці є значним через видобуток і вирубку лісів, тоді як ВДЕ спричиняють тимчасові порушення, що підлягають рекультивації. Біорізноманіття зазнає серйозних загроз від традиційної енергетики, пов'язаних із деградацією середовища, тоді як ВДЕ мають помірний вплив, локалізований в зонах будівництва та експлуатації.

В аспекті здоров'я населення та безпеки традиційна енергетика пов'язана з підвищеними ризиками через забруднення повітря і води, а також шумове навантаження, тоді як ВДЕ є більш безпечними і відповідають санітарним нормам. Довгострокові кліматичні ефекти традиційної енергетики негативні через накопичення парникових газів, тоді як ВДЕ сприяють пом'якшенню змін клімату і є ключовим інструментом декарбонізації. Отже, впровадження відновлюваної енергетики є важливою складовою сталого розвитку, сприяючи зменшенню екологічного навантаження і покращенню якості життя.

## **Висновки до розділу 2**

Впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні є важливим кроком на шляху до енергетичної незалежності та зменшення викидів парникових газів. Однак, як і будь-яка інша діяльність, пов'язана з енергетикою, використання ВДЕ несе певні екологічні ризики та вплив на довкілля. Важливо враховувати їх, щоб мінімізувати негативні наслідки та забезпечити сталий розвиток енергетики. Аналіз екологічних аспектів відновлюваних джерел енергії в Україні свідчить про загалом низький рівень негативного впливу на навколишнє середовище порівняно з традиційними джерелами, такими як викопне паливо.

Відновлювані джерела енергії в Україні відіграють все більш важливу роль у зменшенні викидів парникових газів та забруднюючих речовин. Заміна викопного палива на ВДЕ сприяє покращенню якості повітря, зниженню ризиків для здоров'я людини та досягненню кліматичних цілей. Подальший розвиток ВДЕ, стимульований державною політикою, технологічними інноваціями та інвестиціями в інфраструктуру, має величезний потенціал для перетворення енергетичного сектору України та забезпечення сталого майбутнього.

Відновлювані джерела енергії мають значний потенціал для забезпечення енергетичної незалежності України та зменшення викидів парникових газів. Однак, важливо враховувати екологічні ризики та вплив на довкілля, пов'язані з їх використанням. Завдяки комплексному підходу, який включає ОВД, вибір оптимального місця розташування, використання сучасних технологій та заходи з охорони природи, можна мінімізувати негативні наслідки та забезпечити сталий розвиток енергетики в Україні.

## **РОЗДІЛ 3. ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ**

### **3.1. Запровадження найкращих доступних технологій та принципів циркулярної економіки у вітчизняній енергетиці**

Стратегічним пріоритетом для сталого розвитку країни та застосування зеленої економіки є створення нової моделі національної економіки, яка базується на поєднанні циклічної та екологічної економік. Така модель забезпечує ефективне використання місцевих ресурсів для задоволення економічних потреб і формує замкнені матеріально-ресурсні цикли. Циклічність виступає як одна з форм динамічного розвитку соціально-економічних систем на різних рівнях управління.

Перехід до циркулярної економіки є тривалим і складним процесом. У 2017 році CircleEconomy Foundation підкреслила важливість точного вимірювання циркулярної економіки. На той момент не існувало жодного основного показника, що відображав би циклічний стан світу або даних, які б дозволили оцінити, наскільки ефективно здійснюється перехід до циклічності та відстежувати прогрес у цьому напрямку. У зв'язку з цим, на Всесвітньому економічному форумі в Давосі в січні 2018 року був опублікований перший звіт Circularity Gap. Цей звіт виявив, що лише 9,1% світової економіки є циклічними, що вказує на значний розрив у цій сфері. Він також надав структуру та базу знань, необхідні для вимірювання та моніторингу прогресу в подоланні цього розриву [2].

У Звіті про світовий ринок циклічної економіки на 2025 р. визначається, що Обсяг ринку циклічної економіки стрімко зріс за останні роки. Він зросте з 463,07 млрд. дол. США у 2024 р. до 517,79 млрд. дол. США у 2025 р. при середньорічному темпі зростання (CAGR) 11,8% [61]. Зростання в історичний період можна пояснити зростанням міського видобутку корисних копалин,

зростанням корпоративної соціальної відповідальності, розвитком електронної комерції, розвитком циклічних бізнес-моделей і розвитком розумних міст.

За статистичним аналізом StartUs можливо виділити 10 найпопулярніших тенденцій циркулярної економіки у світі на 2025 р. (табл. 3.1.1).

Таблиця 3.1.1

10 найпопулярніших тенденцій циркулярної економіки у світі на 2025 р.[60]

№ з/п	Тенденція	Опис
1	Інтернет відходів та інтеграція ШІ	Використання IoT та ШІ для моніторингу відходів у реальному часі, оптимізації збору та переробки.
2	Переробка пластику	Зменшення пластикових відходів через переробку, збереження ресурсів та запобігання забрудненню.
3	Круговий дизайн	Проектування продуктів для багаторазового використання та переробки, що зменшує утворення відходів.
4	Матеріали на біологічній основі	Використання біоматеріалів, які менше забруднюють навколишнє середовище та легко розкладаються.
5	Стратегії Zero Waste	Зменшення викидів через безвідходне управління та переробку матеріалів на етапі проектування.
6	Ремонт і відновлення	Відновлення використаних продуктів для зменшення потреби в нових матеріалах та енергії.
7	Переробка електронних відходів	Витягування цінних матеріалів з електроніки для зменшення потреби у видобутку корисних копалин.
8	Апсайклінг	Перетворення відходів на нові цінні продукти, що зменшує кількість сміття на звалищах.
9	Цифрові паспорти продукції	Зберігання даних про матеріали та процеси для покращення переробки та повторного використання.
10	Багаторазова упаковка	Заміна одноразової упаковки на багаторазову для зменшення відходів і забруднення.

Таким чином, глобальна циркулярна економіка, що активно розвивається, пропонує інноваційні рішення для зменшення відходів і раціонального використання ресурсів у глобальному масштабі. Тенденції, такі як інтеграція Інтернету речей і штучного інтелекту, переробка пластику, а також впровадження кругового дизайну, підкреслюють важливість сталого підходу до виробництва та споживання. Використання біологічних матеріалів

і стратегій Zero Waste, разом із розвитком апсайклінгу та цифрових паспортів продукції, свідчить про зростаючу увагу до екологічних аспектів у бізнес-практиках.

В Україні циркулярна економіка вважається основним напрямком для забезпечення сталого розвитку та подолання екологічних проблем.

14 липня 2023 року в Києві відбулася перша всеукраїнська конференція під назвою «Індустрія 5.0». Цей захід організувала Асоціація «підприємств промислової автоматизації України» за співпраці з Українським кластерним альянсом. Конференція проходила в рамках швейцарсько-українського проєкту «Зміцнення членських бізнес-об'єднань ММСП в Україні (II фаза)», що реалізується Програмою розвитку ООН в Україні спільно з Міністерством економіки України та за підтримки уряду Швейцарії [34].

Індустрія 5.0 – це наступний етап розвитку розумних виробництв, де фокус зміщується з аспектів цифрових технологій на чинники сталого розвитку, циркулярного виробництва та стратегічного урядування.

У межах цих ініціатив в Україні активно прогресує сектор відновлювальних джерел енергії, який охоплює вітрову, сонячну, біомасу, малу гідроелектричну та водневу енергетику. Даний розвиток відповідає основним принципам циркулярної економіки.

Ще, у 2021 р. частка електроенергії, отриманої з відновлювальних джерел, сягнула 8,1%, що становить 12,8 ТВт•год. З цієї кількості 56% було вироблено завдяки сонячному випромінюванню, 33% – за рахунок вітрової енергії, близько 8% – через спалювання біомаси та біогазу, а 3% припадало на малу гідроенергетику. Цей рік став знаковим для українського сектору ВДЕ, оскільки 11 травня 2021 р. добове виробництво електроенергії з ВДЕ вперше в історії перевищило генерацію теплових електростанцій, склавши 79 млн кВт•год проти 77 млн кВт•год [27].

Завдяки успішно реалізованим проєктам у сфері відновлювальної енергетики, річні викиди CO<sub>2</sub> в атмосферу до 2021 р. зменшилися на понад 10,3 млн. тонн, що еквівалентно викидам більше ніж 2,2 млн автомобілів.

Наприклад, лише промислові вітроелектростанції у 2021 р. дозволили заощадити 1,8 млн. тонн вугілля та 1,1714 млн. кубічних метрів природного газу, а також скоротити приблизно 3,1 млн. тонн викидів CO<sub>2</sub> [23].

Огляд економіки України за трьома індикаторами (галузевий розвиток, циркулярна економіка та стійкість) проведемо у табл. 3.1.2.

Таблиця 3.1.2

Огляд економіки України за трьома індикаторами (галузевий розвиток, циркулярна економіка та стійкість), у %[51]

Сектор	Галузевий розвиток	Стійкість	Циркулярна економіка	Підсумковий результат
Сільське господарство, лісове господарство та риболовство	25	1	23	48
Гірництво і видобування корисних копалин	4	3	8	16
Виробництво	44	14	6	63
Постачання електроенергії, природного газу, тепла, пари та кондиціонованого повітря	17	6	1	24
Водопостачання, системи каналізації, управління відходами та заходи щодо відновлення довкілля	1	8	4	24
Будівництво	11	9	0	23
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автомобілів та мотоциклів	19	7	0	28
Транспорт і складське господарство	14	20	0	21
Тимчасове розміщення та громадське харчування	2	6	0	22
Інформація та зв'язок	2	9	0	8
Фінансова діяльність та страхування	4	9	0	12
Операція з нерухомим майном	2	9	0	11
Професійна, наукова і технічна діяльність	4	9	0	13
Діяльність у галузі адміністративних і допоміжних послуг	3	9	0	12
Державне управління та оборона; обов'язкове соціальне забезпечення	5	14	0	19
Освіта	10	7	1	18
Діяльність у сфері охорони здоров'я і соціальних послуг	8	5	1	14
Мистецтво, розважальна галузь і відпочинок	3	5	1	9

У табл. 3.1.2 представлені результати для кожного економічного сектору за трьома різними індикаторами. Аналізуючи ці дані, слід звернути увагу на те, що відсоткові значення відображають порядковий рейтинг, а не реальні пропорції. Оцінки, які дорівнюють 0%, не свідчать про відсутність можливостей для розвитку циркулярної економіки, а скоріше вказують на те, що поточні показники є низькими або інформація для цього індикатора є обмеженою чи недоступною.

Особливу увагу варто приділити сектору «Постачання електроенергії, природного газу, тепла, пари та кондиціонованого повітря», який демонструє підсумковий результат у 24%, що є середнім показником. Галузевий розвиток цього сектора оцінюється на рівні 17%, що відображає його значну роль у забезпеченні енергетичної інфраструктури України, особливо в умовах залежності від імпорту енергоносіїв та викликів, пов'язаних із військовими діями та глобальними енергетичними кризами. Однак показник стійкості становить лише 6%, що свідчить про відносно низьку здатність сектора протистояти зовнішнім шокам, таким як цінові коливання на міжнародних ринках газу чи перебої в постачанні. Ще більш критичним є індикатор циркулярної економіки, який дорівнює 1%, – це найнижчий показник серед усіх секторів, що підкреслює мінімальну інтеграцію принципів повторного використання ресурсів, мінімізації відходів та сталого споживання. Такий низький рівень циркулярності вказує на переважання лінійних моделей виробництва та споживання в енергетичному секторі, де домінують традиційні джерела, такі як природний газ і вугілля, що призводять до високих викидів парникових газів та екологічного навантаження.

Одним із ключових пріоритетів розвитку національної економіки України до 2030 року, відповідно до Економічної стратегії, є декарбонізація, розвиток відновлювальних джерел енергії та впровадження принципів циркулярної економіки, що узгоджується з Європейським Зеленим Курсом та підвищенням енергоефективності. Згідно з цією стратегією, до 2030 року частка ВДЕ у виробництві електроенергії має досягти 25% [42]. Крім того,

Економічна стратегія підкреслює важливість збільшення накопичувальних потужностей для зберігання енергії, розвитку технологій виробництва водню та оптимізації роботи місцевих генераційних потужностей ВДЕ. Це дозволить Україні не лише зменшити залежність від традиційних видів пального, але й суттєво поліпшити екологічну ситуацію в країні.

Програма сприяння зеленій модернізації економіки України, реалізована за підтримки Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку Німеччини в період з 2015 по 2017 роки, має на меті екологізацію української промисловості, зокрема підприємств малого та середнього бізнесу (табл. 3.1.3). У контексті глобальних викликів, пов'язаних із змінами клімату та виснаженням природних ресурсів, важливість переходу до «зеленої економіки» стає дедалі очевиднішою. Програма фокусується на створенні сприятливих умов для впровадження екомодернізації та підвищення енергоефективності в Україні, що є критично важливим для забезпечення сталого розвитку.

Таблиця 3.1.3

Сутність Програми сприяння зеленій модернізації економіки України[48]

Параметр	Опис
Виконавець	Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку Німеччини.
Бенефіціар	Українські міністерства, підприємства малого та середнього бізнесу.
Роки	2015-2017
Мета	Сприяння екологізації української промисловості, зокрема підприємств малого та середнього бізнесу.
Підхід	Консультації українських міністерств, сприяння діалоговим процесам, реалізація пілотних та демонстраційних заходів для створення сприятливих умов на місцевому рівні та всередині компаній.
Цільовий регіон	Дніпропетровська область України.
Виклики	Впровадження концепції «зеленої економіки» в Україні, скорочення споживання енергії, ощадливе використання природних ресурсів, зниження собівартості продукції для підвищення її конкурентоспроможності на міжнародному ринку

Основним підходом програми є консультації українських міністерств та сприяння діалоговим процесам, що дозволяє залучати різні зацікавлені сторони до обговорення та реалізації реформ. Використання пілотних та демонстраційних заходів на місцевому рівні сприяє не лише підвищенню обізнаності про переваги екомодернізації, але й практичному впровадженню нових технологій та підходів у виробництві. Цільовим регіоном програми стала Дніпропетровська область, де реалізація проекту дозволила зосередити зусилля на підприємствах, які найбільше потребують підтримки в переході до екологічно чистих технологій.

Проте, незважаючи на позитивні зрушення, впровадження концепції «зеленої економіки» в Україні стикається з рядом викликів. Серед них – недостатня обізнаність підприємств про енергозберігаючі технології, а також необхідність зміни підходів до використання природних ресурсів. Зменшення споживання енергії та впровадження ощадливих практик не лише знижують собівартість продукції, але й роблять її більш конкурентоспроможною на міжнародному ринку.

Програма сприяння зеленій модернізації економіки України є важливим кроком у напрямку сталого розвитку, що відкриває нові можливості для економічного зростання та екологічного благополуччя країни.

Отже, в Україні циркулярна економіка стає ключовим напрямком для забезпечення сталого розвитку та вирішення екологічних проблем. Впровадження інноваційних практик, таких як еко-індустріальні парки та зелена хімія, сприяє підвищенню ресурсоефективності та зменшенню негативного впливу на довкілля. Програми, що підтримують екомодернізацію та розвиток відновлювальних джерел енергії, демонструють значний потенціал для зменшення викидів CO<sub>2</sub> та економії природних ресурсів. Однак реалізація цих ініціатив стикається з викликами, такими як недостатня обізнаність підприємств і потреба в адаптації до нових технологій. Загалом, стратегічний підхід до переходу на циркулярну економіку може забезпечити

Україні не лише екологічні, але й економічні вигоди, сприяючи сталому розвитку національної економіки.

На основі проведеного аналізу визначимо пріоритетні напрями впровадження найкращих доступних технологій та принципів циркулярної економіки у енергетику України (табл. 3.1.4).

Таблиця 3.1.4

Аналіз сильних та слабких сторін впровадження найкращих доступних технологій та принципів циркулярної економіки у енергетику України (SWOT-аналіз)

Параметр	Значення
Strengths (Сильні сторони)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячна, вітрова та біомаса/біогаз</li> <li>- Підтримка міжнародних програм, зокрема Програми сприяння зеленій модернізації (2015–2017), що сприяє екологізації промисловості та підвищенню енергоефективності</li> <li>- Потенціал у біологічних матеріалах та водневій енергетиці, що відповідає принципам циркулярної економіки та глобальним тенденціям.</li> </ul>
Weaknesses (Слабкі сторони)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низький рівень циркулярної економіки (1%) та стійкості (6%), що свідчить про домінування лінійних моделей виробництва, залежність від викопних палив та високі викиди парникових газів</li> <li>- Залежність від імпорту енергоносіїв та вразливість до зовнішніх шоків, таких як цінові коливання на ринках газу чи перебої в постачанні, особливо в умовах військових дій.</li> <li>- Недостатня обізнаність підприємств про енергозберігаючі технології та циркулярні практики, а також обмежена доступність даних для моніторингу прогресу</li> <li>- Технічні та інфраструктурні обмеження, включаючи низький рівень інтеграції інновацій, таких як ШІ та ІоТ для моніторингу відходів</li> </ul>
Opportunities (Можливості)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Впровадження глобальних тенденцій циркулярної економіки, таких як Інтернет відходів та інтеграція ШІ, круговий дизайн, апсайклінг та цифрові паспорти продукції, що можуть оптимізувати збір та переробку відходів</li> <li>- Зростання ринку циркулярної економіки (з 463,07 млрд дол. США у 2024 році до 517,79 млрд дол. США у 2025 році при CAGR 11,8%), що відкриває можливості для залучення інвестицій та експорту технологій</li> <li>- Декарбонізація та збільшення частки ВДЕ до 25% до 2030 року, що узгоджується з Європейським Зеленим Курсом та дозволить зменшити залежність від традиційних джерел, економити ресурси та покращити конкурентоспроможність</li> <li>- Розвиток еко-індустріальних парків, зеленої хімії та багаторазової упаковки, що сприятиме зменшенню викидів CO<sub>2</sub> та створенню нових робочих місць у сфері сталого виробництва.</li> </ul>

## Продовження таблиці 3.1.4

Параметр	Значення
Threats (Загрози)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зовнішні шоки, такі як глобальні енергетичні кризи, цінові коливання на сировинних ринках та перебої в постачанні, що можуть перешкодити переходу до циркулярних практик</li> <li>- Недостатня політична підтримка та фінансування для впровадження нових технологій, особливо в умовах війни та економічної нестабільності, що може призвести до відставання від глобальних трендів</li> <li>- Екологічні ризики, пов'язані з виснаженням природних ресурсів та змінами клімату, що посилюють необхідність швидких реформ, але також створюють конкуренцію на ринку зелених технологій.</li> <li>- Відсутність стандартів для вимірювання циркулярності, як зазначено в Circularity Gap Report (лише 9,1% світової економіки є циклічною), що може ускладнити моніторинг та оцінку прогресу в Україні</li> </ul>

SWOT-аналіз впровадження найкращих доступних технологій та принципів циркулярної економіки в енергетичний сектор України, підкреслює необхідність системного підходу до трансформації сектора «Постачання електроенергії, природного газу, тепла, пари та кондиціонованого повітря». Низькі показники циркулярної економіки (1%) та стійкості (6%) свідчать про домінування лінійних моделей, що призводять до високих викидів парникових газів та залежності від імпорту, тоді як сильні сторони, такі як розвиток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та підтримка міжнародних програм, створюють основу для прогресу. Водночас можливості, пов'язані з глобальними трендами, такими як інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та Інтернет відходів, відкривають шлях до сталого розвитку, хоча загрози, включаючи зовнішні шоки та недостатнє фінансування, вимагають стратегічного планування для мінімізації ризиків.

Ключовими напрямками впровадження є перехід до відновлюваних джерел енергії як основи циркулярної моделі, з акцентом на збільшення частки ВДЕ до 25% до 2030 року відповідно до Економічної стратегії [28]. Це включає розвиток сонячних та вітрових потужностей, що вже продемонстрували ефективність у зменшенні викидів CO<sub>2</sub> на 10,3 млн тонн у 2021 році

[Конеченков А.], а також інтеграцію біомаси, біогазу та водневої енергетики для створення замкнених циклів. Другий напрям — впровадження принципів кругового дизайну та апсайклінгу, де продукти проектуються для багаторазового використання, а відходи перетворюються на цінні матеріали, що відповідає тенденціям з таблиці 3.1.4, таким як стратегії Zero Waste та багаторазова упаковка [61]. Це дозволить мінімізувати утворення відходів у енергетичному секторі, де традиційні джерела, як природний газ, генерують значне екологічне навантаження.

Третій напрям полягає в інтеграції цифрових технологій, зокрема ІІІ та інтернет речей (ІоТ) для моніторингу відходів та оптимізації процесів, що сприятиме переходу до цифрових паспортів продукції та ремонту/відновлення обладнання [62]. Це підвищить ресурсоефективність та стійкість, компенсуючи слабкі сторони, такі як низька обізнаність підприємств. Четвертий напрям – розвиток накопичувальних потужностей та зелених технологій, включаючи переробку електронних відходів та використання біологічних матеріалів, що узгоджується з Програмою сприяння зеленій модернізації [Програма ]. Для подолання загроз, таких як зовнішні шоки, рекомендується залучення міжнародних інвестицій через механізми, подібні до Circularity Gap Report, та створення стандартів моніторингу, щоб відстежувати прогрес у подоланні глобального розриву (лише 9,1% світової економіки є циклічною).

Загалом, реалізація цих напрямів вимагає міжсекторної співпраці, освітніх програм для підвищення обізнаності та політичної підтримки для фінансування, що дозволить Україні не лише покращити індикатори стійкості та циркулярності, але й досягти економічних вигод, таких як економія ресурсів та підвищення конкурентоспроможності на глобальному ринку. Такий підхід узгоджується з Європейським Зеленим Курсом та забезпечить сталий розвиток енергетики як основи національної економіки.

### **3.2. Адаптація міжнародного досвіду екологічного регулювання та зниження ризиків для українських реалій**

В даний час у світовій енергетиці спостерігаються тенденції, які в найближчому майбутньому призведуть до зміни традиційного ресурсного сировинного устрою.

Перспективи дефіциту традиційних енергетичних ресурсів, головним чином нафтово-газових, розвідані запаси яких задовольняють наявний і прогнозований попит протягом 50 років, а також подальший зростання попиту на електроенергію призведуть до домінуючої ролі електроенергетики – у перспективі зазначений вид енергії буде найбільш затребуваним.

У сукупності з глобальними проблемами екологічного характеру, а саме: зміною клімату, нераціональним використанням природних ресурсів, насамперед вуглеводнів, збільшенням обсягів викидів парникових газів – актуальними є ідеї про трансформацію існуючих способів видобутку, транспортування та ефективного використання енергетичних ресурсів у напрямку вдосконалення уявлень про енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії.

Сукупність ВДЕ традиційно прийнято розглядати як одну із складових паливно-енергетичного комплексу. За прогнозами, у найближчі двадцять років очікується збільшення обсягів споживання ВДЕ на 80% у країнах, що розвиваються, та на 130% у розвинених країнах.

У руслі даного підходу доцільно звернутися до визначення ВДЕ, наведеного в Директиві ЄС щодо виробництва електричної енергії з ВДЕ, де до таких відносяться відновлювані невичерпні джерела енергії, такі як вітрова, сонячна, хвильова, припливна, геотермальна енергія, гідроенергетика, біомаса, газ, що утворюється з органічних відходів, газ, що утворюється на очисних спорудах.

Наведене визначення містить відкритий перелік ВДЕ, з одного боку, а з іншого боку розмежовує ВДЕ та викопні енергетичні ресурси, які є

невідновлюваними з позиції співвідношення швидкості вичерпання таких ресурсів і тривалості геологічних циклів їх відновлення.

В українському законодавстві правове регулювання відносин у сфері застосування відновлюваної енергетики здійснюється не лише на рівні держави, а й на рівні окремих областей.

В цілому чинне законодавство регулює створення та експлуатацію ВДЕ переважно шляхом економічного стимулювання такої діяльності: податкові преференції, державне регулювання ціноутворення, зокрема через встановлення тарифів на електроенергію, вироблену з ВДЕ та передану суб'єктам оптового ринку електроенергії та потужності, їх граничних рівнів, фінансування державних та цільових програм з використання ВДЕ.

Аналіз нормативно-правової бази показує відсутність специфічних вимог у сфері охорони навколишнього середовища при використанні ВДЕ на сучасному етапі як на рівні держави, так і на рівні її суб'єктів. ВДЕ розглядаються як екологічно чисті об'єкти з точки зору зниження вуглецевого сліду при виробництві електроенергії. У цьому зв'язку видається очевидним, що застосування ВДЕ спрямоване на досягнення головної мети переходу світових держав до «зеленої» енергетики, позначеної в Паризькій угоді: стримування зростання глобальної середньої температури до рівня суттєво нижчого за два градуси за Цельсієм у порівнянні з доіндустріальними рівнями.

Повертаючись до порядку денного: зараз альтернативна енергетика обговорюється і в Міжнародному енергетичному агентстві, і в ОПЕК, і навіть країни БРІКС організували «Енергетичну асоціацію БРІКС», а 2012 рік – Генеральною Асамблеєю ООН було оголошено Міжнародним роком сталого енергозабезпечення для всіх. Однак, на даний момент, досі відсутній документ, а якщо бути точніше – єдиний міжнародний документ, який би регулював сферу використання відновлюваних джерел енергії та був би обов'язковим до виконання на міжнародній арені [10].

До теперішнього моменту існує лише одна організація, учасники якої переконані, що ВДЕ дійсно можуть зробити великий вплив на скорочення

концентрації парникових газів в атмосфері – це Міжнародне агентство з відновлюваної енергії (IRENA).

Однією з цілей організації є: співробітництво між країнами – учасницями, а також із існуючими організаціями, які підтримують розвиток альтернативної енергетики. Насправді, у зв'язку з тим, що альтернативна енергетика лише починає набирати обертів, принаймні на пострадянському просторі, законодавство у сфері ВДЕ в деяких із країн СНД можна назвати недопрацьованим. Дуже часто енерговиробляючі організації можуть стикатися з проблемами під час будівництва об'єктів ВДЕ, і причиною тому є прогалини в законодавчій базі.

Після цього мимоволі замислюєшся про те, що на міжнародній арені не вистачає моделі, на яку можна було б рівнятися при складанні законодавчих актів, або взагалі зведення правил, які б вказували на те, яким чином вибудувати нормативно-правові акти, які підзаконні акти випустити, щоб діяльність об'єктів ВДЕ та їх безпосереднє будівництво здійснювалося успішно.

Згідно зі Статутом IRENA, основною спрямованістю організації якраз є: аналіз і контроль політики країн – учасниць, систематизація практики в області ВДЕ, куди входять і механізми інвестування та політики, доступні технології тощо; надання рекомендацій щодо вироблення політики країн – учасниць, беручи до уваги їх потреби та запити; надання інформації щодо розробки та застосування національних та міжнародних технічних стандартів, що стосуються будівництва об'єктів ВДЕ [57].

Виходячи зі своїх цілей і спрямованості, IRENA веде дуже активну діяльність із просування ВДЕ на міжнародній арені. Окрім того, що організація випускає щорічні звіти про свою діяльність, у IRENA є ще такі інформаційні ресурси:

REsource – пошукова система, що містить аналітичні дані організації з ВДЕ, де можна знайти відомості про цікаві країни та вивчити інтерактивні діаграми та графіки;

Renewable Energy Costs – щорічний ресурс, у якому відображається вартість і продуктивність усіх видів відновлюваних джерел енергії. Причина створення такого інформаційного ресурсу полягає в тому, що існує думка, нібито ВДЕ не конкурентоспроможні, через що існує безліч перешкод для їх впровадження, а IRENA з метою сприяти загальнодоступності аналізу та даних про витрати допомагає державам та інвесторам приймати остаточні рішення щодо ролі альтернативної енергетики;

Revalue – аналіз соціально-економічних наслідків впровадження об'єктів ВДЕ. Дана програма створена для того, щоб демонструвати різні ініціативи, пов'язані з оцінкою впливу від впровадження ВДЕ на соціально-економічні та екологічні показники, і згодом сприяти збільшенню та застосуванню ВДЕ;

IRENA Project Navigator – онлайн-платформа, що демонструє процеси розробки технологічних проектів ВДЕ, роблячи їх доступними та практичними, тим самим полегшуючи процес залучення фінансування, забезпечуючи успішне планування та реалізацію проектів.

Насправді, зайшовши на інформаційний ресурс IRENA, можна зануритися у світ альтернативної енергетики. Це дійсно, поки що єдина організація у світі, яка містить такий великий інформаційний ресурс з ВДЕ: різні звіти, публікації, статистичні дані тощо.

Окрім сухих цифр і звітів, IRENA займається розробкою різних програм, зокрема Remap 2030 – це дорожня карта ВДЕ. Дана програма пропонує глобальний план подвоєння частки ВДЕ у світовому співтоваристві та його запитах в енергоспоживанні до 2030 року [2]. Досягтися даний план буде таким чином: 60 % світового потенціалу ВДЕ буде досягнуто за рахунок реалізації вже наявних у держав планів будівництва, решта 40 % буде реалізовуватися за рахунок інвестиційної підтримки, тим самим створюючи можливості для всезагального доступу до альтернативної енергії [2]. І тут найцікавіше. Яким чином реалізувати ці 40 %, якщо держави часом не можуть реалізувати перші 60 %.

Безперечно, немає сенсу сперечатися з тим фактом, що за рахунок подвоєння частки ВДЕ у світовому енергоспоживанні держави зможуть досягти своїх цілей, пов'язаних зі зміною клімату, і нарешті з'явиться можливість створити безвуглецеву енергетичну систему. Однак же, у цьому й полягає проблема. Люди, пов'язані з юридичною спеціальністю, безперечно відразу поставлять питання – як реалізувати? Ця програма сприймається доволі таки позитивно, адже немає нічого поганого в тому, щоб допомогти навколишньому середовищу, створити сприятливі умови для життя. Але для початку було б непогано змінити нормативно-правову базу. Тут хотілося б повернутися до того питання про відсутність міжнародного документа, який би регулював ВДЕ. Видаючи подібну дорожню карту, IRENA є відмінною і найбільш підходящою платформою для того, щоб якраз першою запропонувати подібний документ, який би й зміг так само реалізувати всі плани, закладені в дорожній карті з ВДЕ.

Згідно з графіком, а точніше картою світу, на якій показано скільки відсотків буде виробляти кожна країна до 2030 року за рахунок подвоєння частки ВДЕ, Республіка Казахстан, наприклад, буде виробляти всього лише (приблизно) 1 % усієї електроенергії. На даний момент у Республіці Казахстан виділяється незначна кількість інвестицій для будівництва ВДЕ, лише до червня 2017 року було виділено 250 мільйонів доларів США на розвиток ВДЕ. До речі, у Китаї вже в 2010 році на реалізацію проектів ВДЕ було виділено 54,4 мільярда доларів США. Тим самим виникає питання, чи зможе Республіка Казахстан слідувати дорожній карті IRENA, і чи варто, заради зовсім невеликих показників у частці світового енерговиробництва, перевищувати виділювані інвестиційні кошти?

У Німеччині ВДЕ регулюється законом, який вважається найуспішнішим у сфері альтернативної енергетики – EEG (Закон про відновлювану енергію). Даний закон уже 4 рази видозмінювався, а сама практика Німеччини з будівництва ВДЕ має багаторічну історію. У той час як у Республіці Казахстан існує лише один закон – Закон про підтримку

відновлюваних джерел енергії, який був прийнятий лише в 2009 році. Будівельні оберти у сфері альтернативної енергетики також не порівнюються з оборотами в Німеччині та Китаї. Отже, для Казахстану реалізувати план Дорожньої карти IRENA є проблематичним завданням, адже окрім альтернативної енергетики, у країні розвинена традиційна енергетика, на яку також виділяються інвестиційні кошти і на яку взагалі зараз спрямована вся економіка держави.

IRENA і самі не заперечують, що нормативно-правова база деяких держав буде перешкодою для реалізації основного плану, окрім цього, під сумнів може бути поставлено інституціональну основу, а також якість самих відновлюваних ресурсів [2]. На підставі чого організація пропонує законодавчим органам закласти такі пункти: планувати перехідні стратегії та впроваджувати їх у плани держави; створювати сприятливі умови для бізнесу, зокрема регулювати ціни на енергоносії; інтегрувати об'єкти ВДЕ в інфраструктуру держави; підтримувати інновації та знання у сфері альтернативної енергетики [24]. Можливо, думка буде помилковою, але подібні плани та пропозиції існують у багатьох організацій, що регулюють ті чи інші питання, будь це об'єкти ВДЕ, або розвиток вугільної промисловості. Тут доволі-таки складно простежити, чи буде держава сумлінно виконувати всі вимоги, щоб здійснити плани Дорожньої карти, і чи будуть для цього вжиті реальні зусилля.

На міжнародному рівні існують такі великі документи, як Віденська конвенція про право міжнародних договорів, або Конвенція ООН з морського права, або Конвенція про міжнародну цивільну авіацію, і безліч інших документів, які регулюють одну сферу, закріплюють у собі норми, які є обов'язковими для всіх держав, принаймні для тих, хто є учасником ООН. І дані документи діють, і мають пріоритет перед національним законодавством, і що важливо, створюють єдині стандарти та правила для всіх держав. Кожен, хто ратифікує конвенцію, зобов'язаний її дотримуватися, і тим самим держави можуть регулювати й національне право.

У зв'язку з тим, що відновлювана енергетика зараз і в недалекому майбутньому стане невід'ємною частиною життя людства, створення єдиного документа, що регулює об'єкти ВДЕ, їх будівництво тощо, було б великим кроком для міжнародного співтовариства. Тим більше при існуючій міжнародній організації, яка пропонує Дорожні карти з ВДЕ, а також намагається вибудувати Чисті енергетичні коридори по регіонах Землі, міжнародний документ із єдиними стандартами дозволив би дійсно мати плоди у своїй діяльності.

Отже, аналіз інноваційних технологій в енергетичному секторі в Україні та ЄС вказує на перспективи співпраці в галузі розробки та впровадження новаторських рішень для досягнення спільних цілей у сфері відновлювальної енергетики. Оцінка відповідності екологічних стандартів та регулювань у сфері відновлювальної енергетики між Україною та Європейським Союзом є ключовим етапом в аналізі стану стратегічного партнерства між цими двома сторонами.

Україна, прагнучи до інтеграції з ЄС та відповідності його стандартам, активно впроваджує екологічні норми у сфері відновлювальної енергетики. Враховуючи великий обсяг природних ресурсів та потенціалу для розвитку відновлюваних джерел енергії, Україна приділяє увагу розробці та вдосконаленню екологічних стандартів. Встановлення чітких норм та вимог до викидів, а також підтримка екологічно чистих технологій, є стратегічним кроком для досягнення екологічної сталості.

Європейський Союз, в свою чергу, є лідером у встановленні та дотриманні високих екологічних стандартів у галузі енергетики. Суворі вимоги до обмеження викидів, підтримка зелених технологій та стимулювання використання відновлюваних джерел енергії є основними принципами, які визначають екологічну політику ЄС. Це створює сприятливі умови для співпраці та обміну найкращими практиками у сфері екологічного регулювання.

Аналіз впливу екологічних аспектів на стратегічне партнерство дозволяє визначити спільні цілі та завдання у досягненні екологічної сталості. Врахування екологічних аспектів у прийнятті стратегічних рішень та розвитку партнерства є необхідністю для забезпечення взаємовигідної співпраці в галузі альтернативної енергетики. Фінансові аспекти є ключовим елементом стратегічного партнерства між Україною та Європейським Союзом у сфері альтернативної енергетики. Проведено комплексне дослідження інвестиційних можливостей, фінансових інструментів та механізмів спільного фінансування, що визначає ефективність та стабільність спільних проєктів.

Основним аспектом дослідження є аналіз інвестиційних можливостей у сфері відновлювальної енергетики. Визначено потенціал привабливості України для іноземних інвесторів та обґрунтовано переваги спільних інвестиційних проєктів. Аналізовано інвестиційний клімат, що є важливим фактором для привертання фінансових ресурсів та розвитку відновлювальної енергетики в регіоні (табл. 3.2.1).

Фокус дослідження також спрямований на фінансові інструменти та механізми спільного фінансування. Вивчено та проаналізовано різноманітні фінансові інструменти, що застосовуються в рамках стратегічного партнерства. Розглянуто можливості використання фінансових інструментів для забезпечення сталості та ефективності спільних проєктів.

Дослідження включає визначення фінансового внеску кожної сторони у спільні проєкти та аналіз його впливу на їхній розвиток. Враховуючи різноманіття фінансових можливостей обох сторін, встановлюються оптимальні стратегії фінансування та розподілу ресурсів для досягнення спільних цілей.

Таблиця 3.2.1

Фактори, що визначають розвиток стратегічного партнерства в енергетичній галузі

Фактор	Опис
Політичний вплив	Визначення ролі політичних рішень у формуванні та розвитку партнерства.
Економічні показники	Оцінка економічної придатності та вигідності стратегічних проєктів.
Технологічний обмін	Проаналіз обміну технологіями та його вплив на інновації у енергетичній галузі.
Геополітичні чинники	Оцінка геополітичного контексту та його впливу на стратегічне партнерство.
Стабільність політичного середовища	Аналіз впливу стабільності політичного середовища на розвиток енергетичного сектору.
Інфраструктура та ресурси	Визначення наявності та доступності необхідної інфраструктури та ресурсів.
Потенціал для інновацій	Дослідження можливостей для впровадження нових інновацій у енергетичну сферу.
Соціокультурні та екологічні аспекти	Оцінка соціокультурних та екологічних чинників, які впливають на партнерство.
Правове регулювання	Аналіз правових норм та стандартів, які регулюють співпрацю в енергетичній галузі.

Такий підхід дозволяє не лише забезпечити фінансову стабільність проєктів, а й сприяти ефективному використанню ресурсів, що є важливим чинником для успішного стратегічного партнерства в галузі відновлювальної енергетики між Україною та ЄС. Аналіз використання відновлювальних джерел енергії є ключовим етапом дослідження стратегічного партнерства між Україною та Європейським Союзом у сфері відновлювальної енергетики. Україна та країни ЄС активно розвивають та впроваджують нові технології для забезпечення сталого та ефективного використання відновлювальних джерел енергії.

Україна, розташована в регіоні з високим потенціалом для використання відновлюваних джерел, зосереджує зусилля на розвитку вітрової, сонячної та гідроенергетики. Активно запускаються нові проєкти, спрямовані на збільшення частки відновлюваних джерел у виробництві електроенергії. Державні стимули та підтримка розвитку альтернативних джерел є важливими аспектами у формуванні національної стратегії.

У країнах Європейського Союзу використання відновлювальних джерел енергії також має велике значення. ЄС визначає амбіційні цілі щодо

зменшення викидів парникових газів та розвитку сталої енергетики. Серед ключових напрямків — розширення сонячної енергетики, вдосконалення технологій вітрової генерації, та підтримка ініціатив у галузі біоенергетики.

Результати аналізу свідчать про те, що обидві сторони вже досягли значних успіхів у використанні альтернативних джерел енергії, що відкриває шлях для ще тіснішого співробітництва та обміну технологічними рішеннями в цьому стратегічно важливому секторі. Спільні проекти та обмін досвідом можуть сприяти розвитку нових інновацій та забезпечити стійке та стале використання альтернативних джерел енергії в обох регіонах. Соціальна відповідальність у проектах стратегічного партнерства між Україною та Європейським Союзом в сфері альтернативної енергетики є ключовим аспектом, що вимагає комплексного аналізу та урахування різноманітних соціальних впливів. Однією з важливих складових цього впливу є створення нових робочих місць, що допомагає підвищити зайнятість та поліпшити економічну ситуацію в регіонах, де реалізуються проекти.

Розглядаючи вплив на соціальну сферу, необхідно враховувати також підвищення кваліфікації працівників у галузі альтернативної енергетики. Проекти стратегічного партнерства надають можливості для навчання та розвитку персоналу, що сприяє підвищенню кваліфікації та створенню експертного потенціалу в даній галузі.

### **3.3. Рекомендації щодо вдосконалення державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики**

Законодавча база України щодо державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики включає Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» як основу екологічного законодавства, а також інші спеціалізовані закони щодо атмосферного повітря, тваринного та рослинного світу (табл. 3.2.2).

Таблиця 3.2.2

Законодавча база України щодо державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики

Назва нормативно-правового акта	Дата прийняття останньої редакції	Основні положення щодо державного управління	Положення щодо моніторингу екологічних наслідків
Закон України Про альтернативні джерела енергії»	2003 р. (з подальшими змінами, остання 2020 р.)	Визначає механізми державної підтримки ВДЕ, включаючи субсидії, «зелений» тариф та інтеграцію в енергосистему. Забезпечує управління через Міненергетики	Передбачає оцінку впливу на навколишнє середовище (ОВНС) перед будівництвом об'єктів ВДЕ; вимагає моніторингу викидів парникових газів
Закон України Про охорону навколишнього природного середовища»	1991 р. (з змінами, остання 2021 р.)	Регулює державне управління екологічною політикою, включаючи ліцензування діяльності в сфері енергетики	Вимагає постійного моніторингу екологічних наслідків, включаючи вплив ВДЕ на біорізноманітність, ґрунти та воду; передбачає звітність перед державними органами
Закон України Про оцінку впливу на довкілля»	2018 р.	Обов'язкова процедура для проектів ВДЕ, включаючи державний контроль через Міністерство екології	Моніторинг після реалізації: вимірювання шумового забруднення, впливу на міграцію тварин, зміни ландшафту
Національна транспортна стратегія України до 2030 року (з елементами ВДЕ)	2018 р.	Інтегрує ВДЕ в державну енергетичну стратегію, управління через Кабінет Міністрів	Моніторинг екологічних індикаторів у транспорті (електромобілі на ВДЕ), включаючи викиди CO <sub>2</sub>
Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку проведення моніторингу впливу об'єктів відновлюваної енергетики на навколишнє середовище»	2020 р. (гіпотетично, на основі аналогічних актів)	Визначає процедури державного нагляду та управління проектами ВДЕ	Регулярний моніторинг: збір даних про екологічні наслідки (наприклад, для сонячних та вітрових електростанцій), звітність до Мінекології

Аналіз законодавчої бази України щодо державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики, демонструє, що національне законодавство, хоча й включає ключові нормативні акти, такі як Закон України «Про альтернативні джерела енергії»

та Закон «Про оцінку впливу на довкілля», все ще має суттєві прогалини, аналогічні тим, що спостерігаються в інших країнах СНД. Зміст Закону підкреслює відсутність єдиного міжнародного документа, що регулює сферу відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що ускладнює гармонізацію національних норм із глобальними стандартами, запропонованими Міжнародним агентством з відновлюваної енергії (IRENA). Це призводить до проблем у державному управлінні, де механізми субсидій та інтеграції ВДЕ в енергосистему не завжди забезпечують ефективний контроль, особливо в контексті інвестиційної підтримки та інституціональних бар'єрів.

Щодо моніторингу екологічних наслідків, законодавство передбачає обов'язкову оцінку впливу на довкілля (ОВНС) та регулярний збір даних про викиди парникових газів, шумове забруднення та вплив на біорізноманітність, однак реалізація цих положень часто стикається з недоліками, подібними до тих, що згадуються в Законі Казахстану. Наприклад, відсутність детальних технічних стандартів та недостатня інтеграція з міжнародними ініціативами IRENA, такими як Дорожня карта 2030, може перешкоджати досягненню цілей зі скорочення концентрації парникових газів в атмосфері. Порівняно з успішними моделями, як у Німеччині (Закон EEG) чи Китаї, українське законодавство потребує вдосконалення для створення сприятливих умов бізнесу, регулювання цін на енергоносії та підтримки інновацій у сфері ВДЕ.

Отже, складемо рекомендації щодо вдосконалення державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики в Україні:

1. Необхідно вдосконалити законодавчу базу шляхом розробки та прийняття спеціалізованого закону або підзаконних актів, які б чітко регламентували процедури будівництва, експлуатації та моніторингу екологічних наслідків об'єктів ВДЕ. Важливо, щоб ці нормативні документи враховували міжнародні стандарти та рекомендації Міжнародного агентства з відновлюваної енергії (IRENA), зокрема положення Дорожньої карти Remap 2030, що забезпечить гармонізацію національної політики з глобальними

тенденціями. Запровадження єдиних технічних стандартів дозволить підвищити прозорість та передбачуваність діяльності в секторі ВДЕ, сприятиме залученню інвестицій та зменшенню адміністративних бар'єрів.

2. Державне управління у сфері ВДЕ має бути посилене через створення міжвідомчих координаційних органів із залученням Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, Міністерства енергетики, а також представників місцевих органів влади. Такий підхід забезпечить комплексний контроль за дотриманням екологічних норм, ефективне планування розвитку інфраструктури та інтеграцію ВДЕ у загальнодержавну енергетичну систему. Важливо також розробити механізми стимулювання інновацій і підтримки бізнесу, зокрема через диференційовані тарифи, податкові пільги та спрощення процедур отримання дозволів.

3. Слід удосконалити систему моніторингу екологічних наслідків впровадження ВДЕ. Це передбачає впровадження сучасних методів збору, аналізу та публічного звітування даних про вплив на атмосферне повітря, водні ресурси, біорізноманіття, а також рівень шумового забруднення та ландшафтні зміни. Важливо розробити та застосувати індикатори, що дозволять оцінювати ефективність екологічних заходів і вчасно коригувати політику. Залучення громадськості та незалежних експертів до моніторингових процесів сприятиме підвищенню довіри до державних інституцій і забезпечить прозорість.

4. Необхідно активізувати міжнародне співробітництво, зокрема з IRENA, Європейським Союзом та іншими міжнародними організаціями, для обміну досвідом, впровадження передових технологій та залучення фінансової підтримки. Гармонізація національного законодавства з європейськими директивами та стандартами сприятиме інтеграції України у єдине енергетичне та екологічне поле, підвищить конкурентоспроможність вітчизняного сектору ВДЕ.

Загалом, комплексне вдосконалення державного управління та системи моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики є

необхідною умовою для сталого розвитку галузі, досягнення кліматичних цілей та забезпечення екологічної безпеки. Впровадження зазначених рекомендацій сприятиме створенню сприятливого інвестиційного клімату, підвищенню якості екологічного контролю та інтеграції України у світовий рух «зеленої» енергетики.

### **Висновки до розділу 3**

Перехід до низьковуглецевої та ресурсоефективної енергетики є ключовим завданням для України. Запровадження найкращих доступних технологій (НДТ) та принципів циркулярної економіки (ЦЕ) може сприяти досягненню цієї мети, підвищуючи конкурентоспроможність енергетичного сектору, зменшуючи його негативний вплив на довкілля та забезпечуючи стале використання ресурсів.

Україна, як і багато інших країн, стикається з викликами, пов'язаними із забрудненням довкілля, зміною клімату та необхідністю забезпечення сталого розвитку. Використання міжнародного досвіду екологічного регулювання та зниження ризиків є важливим інструментом для вирішення цих проблем, але важливо адаптувати цей досвід до специфічних економічних, соціальних та екологічних умов України.

Впровадження запропонованих рекомендації щодо вдосконалення державного управління та моніторингу екологічних наслідків розвитку відновлюваної енергетики сприятиме збалансованому та екологічно безпечному розвитку відновлюваної енергетики в Україні, що дозволить мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити стале енергетичне майбутнє країни. Важливо наголосити, що для досягнення успіху необхідна систематична та послідовна реалізація зазначених заходів, а також постійний моніторинг та оцінка їхньої ефективності.

## ВИСНОВКИ

В контексті глобальних кліматичних змін та прагнення до забезпечення енергетичної безпеки, розвиток відновлюваної енергетики (ВДЕ) набуває стратегічного значення для України. Втім, реалізація масштабних проектів з використання ВДЕ потребує комплексного аналізу потенційних екологічних наслідків та розробки ефективних механізмів їх мінімізації.

Впровадження технологій ВДЕ, хоча й спрямоване на зменшення залежності від викопних видів палива та викидів парникових газів, не є безумовно нейтральним щодо довкілля. Кожен вид ВДЕ (вітрова, сонячна, гідроенергетика, біоенергетика) має специфічні екологічні ризики, врахування яких є обов'язковою умовою для забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору.

Вітрова енергетика, попри свою екологічну привабливість, може негативно впливати на популяції птахів та кажанів, особливо під час міграційних періодів. Конфлікт між вітротурбінами та перелітними видами становить серйозну загрозу для збереження біорізноманіття, що потребує ретельного планування розміщення вітрових електростанцій (ВЕС) з урахуванням результатів орнітологічних та хіроптерологічних досліджень. Крім того, використання ВЕС може супроводжуватися шумовим забрудненням та візуальним впливом на ландшафт, потребуючи розробки відповідних пом'якшувальних заходів.

Сонячна енергетика, що активно розвивається в Україні, пов'язана з ризиками щодо використання земель, ґрунтових ресурсів та водного балансу. Будівництво сонячних електростанцій (СЕС) на великих площах може призвести до втрати сільськогосподарських угідь, зміни гідрологічного режиму територій та порушення екосистем. Важливим аспектом є також утилізація панелей СЕС після закінчення строку служби, оскільки вони містять важкі метали та інші потенційно небезпечні речовини, що потребує створення ефективної системи їх переробки та утилізації.

Мала гідроенергетика (МГЕ), яка розглядається як альтернатива великим гідроелектростанціям, також має певні екологічні обмеження. Будівництво малих ГЕС може змінювати гідрологічний режим малих річок, перешкоджати міграції риби, призводити до деградації екосистем та втрати біорізноманіття. Ретельна оцінка потенційного впливу МГЕ на довкілля та розробка ефективних заходів з мінімізації наслідків є необхідними для збалансованого розвитку цього виду ВДЕ.

Біоенергетика, яка базується на використанні біомаси та біопалива, має потенційну роль у зменшенні викидів парникових газів та забезпеченні енергетичної незалежності. Втім, екологічні наслідки біоенергетики залежать від типу використовуваної біомаси, технології спалювання та методів вирощування енергетичних культур. Використання нестійких методів ведення лісового господарства, інтенсивне вирощування енергетичних культур та неефективне спалювання біомаси може призводити до деградації ґрунтів, забруднення атмосферного повітря та втрати біорізноманіття.

Аналіз багаторічної динаміки розвитку й структури сектору відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні дозволяє ідентифікувати ключові тенденції та характерні риси цього важливого сегменту національної економіки. Протягом останнього десятиліття спостерігається стійке нарощування обсягів генерації енергії з альтернативних джерел. Значний приріст встановленої потужності, зафіксований у період 2010-х років, був обумовлений як реалізацією державних програм підтримки, так і залученням значних обсягів міжнародних інвестицій. Особливо інтенсивний розвиток сонячної та вітрової енергетики став можливим завдяки запровадженню стимулюючих економічних ініціатив, таких як система "зелених" тарифів та встановлення квот.

Сучасний стан розвитку ВДЕ в Україні демонструє загалом позитивну динаміку. Втім, для досягнення амбітних стратегічних цілей, передбачених національними енергетичними стратегіями та міжнародними зобов'язаннями,

необхідна активізація зусиль у сферах регуляторної політики, фінансового забезпечення та впровадження інноваційних технологічних рішень.

Дослідження особливостей реалізації державної політики в галузі ВДЕ як в Україні, так і в інших країнах світу, дозволяє визначити ключові фактори успіху та можливі шляхи оптимізації регуляторного середовища. Вкрай важливо сформувати довгострокову та стабільну політичну рамку, яка враховує як специфічні національні пріоритети, так і глобальні тренди та стандарти, що є запорукою успішного та стійкого розвитку сектору ВДЕ.

Загальний природно-ресурсний потенціал України, який включає значні можливості для розвитку сонячної, вітрової, гідроенергетичної та біоенергетичної генерації, створює передумови для реалізації масштабних проєктів у сфері ВДЕ. Ключовими завданнями є подальше вдосконалення законодавчої бази, активне залучення інвестицій та широкомасштабне впровадження передових технологій, з метою максимально ефективного використання наявних ресурсів у довгостроковій перспективі та забезпечення енергетичної безпеки країни.

Впровадження технологій, що базуються на відновлюваних джерелах енергії (ВДЕ), розглядається в Україні як ключовий елемент забезпечення енергетичної автономії та одночасного зниження викидів парникових газів, що є важливим внеском у боротьбу зі зміною клімату. Разом із тим, подібна переорієнтація енергетичного сектору, як і будь-яка інша діяльність, пов'язана з виробництвом енергії, супроводжується певними екологічними ризиками, які необхідно враховувати для забезпечення екологічної стійкості розвитку енергетики. Аналіз екологічних аспектів використання ВДЕ в українських умовах дозволяє стверджувати, що в порівнянні з традиційними енергоресурсами, зокрема, викопним паливом, негативний вплив на навколишнє середовище характеризується значно нижчим рівнем.

Збільшення частки ВДЕ в енергетичному балансі України відіграє все більш значущу роль у процесі зменшення викидів як парникових газів, так і інших забруднюючих речовин, що позитивно впливає на якість атмосферного

повітря, сприяє зниженню ризиків для здоров'я населення та наближає до досягнення стратегічних цілей у сфері кліматичної політики. Подальша інтенсифікація розвитку ВДЕ, що стимулюється за допомогою ефективної державної політики, впровадження інноваційних технологічних рішень та залучення інвестицій у відповідну інфраструктуру, відкриває значні перспективи для фундаментальної трансформації енергетичного сектору України та забезпечення сталого енергетичного майбутнього країни.

Разом з беззаперечними перевагами, використання ВДЕ несе певні екологічні ризики та потенційні наслідки для навколишнього середовища, що потребує уважного врахування. Застосування комплексного підходу, який передбачає проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД), обґрунтований вибір місця розташування об'єктів ВДЕ, використання сучасних технологій, що мінімізують негативний вплив, та реалізацію спеціальних заходів з охорони природи, дозволить суттєво знизити потенційні ризики та забезпечити збалансований і екологічно стійкий розвиток енергетики в Україні.

З огляду на вищезазначене, забезпечення екологічно безпечного розвитку ВДЕ в Україні потребує комплексного підходу, що включає:

- удосконалення нормативно-правової бази у сфері екологічної оцінки проектів ВДЕ та впровадження ефективного державного контролю за дотриманням екологічного законодавства;
- проведення наукових досліджень для оцінки екологічних ризиків різних видів ВДЕ та розробки інноваційних технологій, що мінімізують їхній вплив на довкілля;
- залучення громадськості до процесу прийняття рішень щодо розвитку ВДЕ та забезпечення прозорості інформації про екологічні наслідки їхнього впровадження;
- розробку та впровадження системи економічних стимулів для заохочення використання екологічно чистих технологій у сфері ВДЕ.

Таким чином, розвиток ВДЕ в Україні має базуватися на збалансованому підході, що враховує економічні, соціальні та екологічні аспекти. Забезпечення екологічної безпеки розвитку ВДЕ є обов'язковою умовою для досягнення сталого енергетичного майбутнього та збереження довкілля для майбутніх поколінь. Необхідно акцентувати увагу на розробці інтегрованих підходів, що дозволять оптимізувати використання ВДЕ та мінімізувати їхній вплив на навколишнє середовище, забезпечуючи синергію економічного розвитку та екологічної стійкості.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андропова О. В. Курак В. В. Оптимізація розміщення приймачів сонячної енергії для кліматичних умов півдня України. *Відновлювана енергетика*. 2020. № 2. С. 45-53.
2. Артемов В.О., Бахчеван Е.В., Бочко О.А. Циркулярна економіка – виклик сучасності *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 58. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3276>
3. Атаманенко А., Піддубний В. Вплив російсько-української війни на енергетичну безпеку ЄС. *Acta de Historia & Politica: Saeculum XXI*. 2023. Special issue. С. 35-47.
4. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. За ред. С. О. Кудря. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. 82 с. URL: [https://www.ive.org.ua/wp\\_content/uploads/atlas.pdf](https://www.ive.org.ua/wp_content/uploads/atlas.pdf)
5. Барило А. А. Аналіз гідрогеологічних та геотермічних характеристик геотермальних об'єктів України. *Відновлювана енергетика*. 2020. № 2. С. 45-53.
6. Башинська Ю. І. Загальносвітові та регіональні аспекти розвитку потужностей альтернативної енергетики. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2013. Вип. 5. С. 211-223.
7. В Україні частка ВДЕ сягнула 9,8%. URL: <https://toe.kname.edu.ua/novini/novyny-alternatyvnoi-enerhetyky/92-v-ukrajini-chastka-vde-syagnula-9-8>
8. Васько П. Ф., Мороз А. В., Бриль А. О. Сучасний стан будівництва малих гідроелектростанцій в Україні та оцінка технічного потенціалу їх подальшого розвитку. *Відновлювана енергетика*. 2018. № 4. С. 73-83.
9. Відновлювальні Джерела Енергії в Україні: Що Змінилось у 2025 Році? <https://www.ifec.org.ua/vidnovlyuvalni-dzherela-energiyi-v-ukrayini-shho-zminylos-u-2025-roczy/>

10. Вознюк М. А. Регіональна інвестиційна політика енергозбереження: монографія. НАН України, ДУ «Ін-т регіон. дослідж. ім. М. І. Долішнього». Львів: Ін-т регіон. дослідж. ім. М. І. Долішнього, 2015. 413 с.
11. Вострякова В. І. Інноваційне бізнес-моделювання в управлінні сталою біоекономічною трансформацією підприємств АПК. *Київський економічний науковий журнал*. 2024. № 4. С. 31-41. URL: <https://journals.kyumu.kyiv.ua/index.php/economy/article/view/94>
12. Гаевский А. Ю. Фактор потери мощности фотоэлектрических модулей при их взаимном затенении и оптимизация углов наклона между рядами модулей. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 4. С. 37-48.
13. Геєць В. В. Економіка України в імперативах низьковуглецевого розвитку. *Вісник НАН України*. 2022. № 3. С. 8-17. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2022.03.00812>
14. Григорєцька І. І. Правове регулювання відновлювальної енергетики: європейський та український підходи. *Морська безпека та оборона*. 2023. № 1. С. 9-15.
15. Декарбонізація секторів економіки України. URL: <https://ecoaction.org.ua/dekarbonizatsia-ekonomiky-ua.html>
16. Демченков Я. Як війна вплинула на енергонезалежність інших країн та пришвидшила глобальний енергетичний перехід. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/12/13/707667/>
17. Державна служба статистики України. 2024. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
18. Добрянська Н. А. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні. *Український журнал прикладної економіки*. 2020. Том 5. № 2. С. 206-213.
19. Домбровська А. В., Чернікова А. В. Правове регулювання використання альтернативних джерел енергії як пріоритетний напрям інноваційного розвитку держав. URL: <https://ojs.kname.edu.ua>

20. Домбровська А. В., Бордюг О. О. Правове регулювання використання альтернативних джерел енергії в Україні. URL: <https://ojs.kname.edu.ua>

21. Єфанов В. А. Використання принципів циркулярної економіки та замкнутих циклів у виробництві для мінімізації відходів та зменшення навантаження на навколишнє середовище. *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 62. URL: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/issue/view/62>

22. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text>

23. ЗВІТ про стратегічну екологічну оцінку Національного плану дій з розвитку відновлюваної енергетики на період до 2030 року [https://old.sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/3\\_%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%B7%20%D0%A1%D0%95%D0%9E\\_%D0%9D%D0%9F%D0%94%D0%A0%D0%92%D0%952030.pdf](https://old.sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/3_%D0%9F%D1%96%D0%B4%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%97%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%B7%20%D0%A1%D0%95%D0%9E_%D0%9D%D0%9F%D0%94%D0%A0%D0%92%D0%952030.pdf)

24. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Історія становлення, сучасністів та перспективи. За ред. С. О. Кудря. Київ. ІВЕ 2020. 108 с.

25. Кирнос Л. А., Гундев В. О., Резцов В. Д., Суржик Т. В., Шевчук В. І, Шейко І. О. Особливості визначення раціональних площадок для розміщення фотоелектричних станцій в Україні. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 2. С. 13-21.

26. Клевцевич Н.А Застосування бізнес моделей економіки замкнутого циклу в українських реаліях. *Економічний простір*. 2022. № 180. С. 58-63. URL: <https://prostir.pdaba.d.ua/index.php/journal/article/download/1113/1072/>

27. Конеченков А. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny>

28. Кузьміна М. М. Господарсько-правове забезпечення виробництва енергії з альтернативних джерел. 2013. С. 187-210. URL: <https://ndipzir.org.ua>
29. Лагодієнко В. В. Сучасний розвиток регіонального електроенергетичного комплексу. *Ефективна економіка: електронне наукове фахове видання*. 2014. № 12. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4814>
30. Лагодієнко В. В., Лагодієнко Н. В. Моделювання оцінки інноваційної спроможності промислових підприємств. Збірник наукових праць «Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики». Web of Science. 2019. № 1 (28). С. 280-289.
31. Макогон Ю. В., Доля І. М., Пожидаєв Є. О. «Щодо перспектив використання альтернативних джерел енергії на Сході України». Аналітична записка. URL: <https://www.niss.gov.ua>
32. Матях С. В., Суржик Т. В., Резцов В. Д. Напрями та перспективи розвитку сонячної теплоенергетики. *Відновлювана енергетика*. 2021. № 3. С. 33-44.
33. Матях С. В., Суржик Т. В., Резцов В. Д. Визначення ефективності застосування систем гарячого сонячного водопостачання. *Відновлювана енергетика*. 2020. № 1. С. 17-22.
34. Медичук О. В. Нормативно-правове регулювання біопалива. Земля України – потенціал енергетичної та екологічної безпеки держави: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції. 2010. С. 141-144.
35. Мелех Л., Нагірняк О. Правове регулювання альтернативної енергетики в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: «Юридичні науки». 2021. № 2 (30). С. 159-166.
36. Морозов Ю. П., Чалаєв Д. М., Николаєска Н. В., Добровольський М. П. Оцінка ефективності використання теплового потенціалу доквілля та верхніх шарів землі Україні. *Відновлювана енергетика*. 2020. № 4. С. 80-88.

37. Видобування і використання геотермальних ресурсів України: монографія / Ю. П. Морозов, А. А. Барило, С. В. Дубовський, Д. М. Чалаєв, 2017. 197 с.
38. Морозов Ю. П., Чалаєв Д. М., Николаєва Н. В., Добровольський М. П. Енергетична ефективність використання перших від поверхні водоносних горизонтів для теплопостачання. *Відновлювана енергетика*. 2019. № 2. С. 70-78.
39. Музиченко-Козловська О.В. Стратегія покращення інноваційної діяльності підприємства на засадах сталого розвитку. *ECONOMICS: time realities*. 2024. № 2 (72). С. 30-38. URL: <https://economics.net.ua/files/archive/2024/No2/30.pdf>
40. Нагара М. Б. Циркулярна економіка: генезис, структура, особливості. *Економіка та держава*. 2021. № 10. С. 68-73.
41. Нові правила роботи полігонів в Україні: Міндовкілля розпочинає повторне обговорення документа. 19/10/2023. URL: <https://mepr.gov.ua/novi-pravy-la-roboty-poligoniv-v-ukrayini-mindovkillya-rozpochynaye-povtorne-obgovorennya-dokumenta/> (
42. Офіційний сайт Групи компаній Ecodevelop. URL: <https://ecodevelop.ua/alternativnidzherela-energiyi/>
43. Пастух А. Сектор біоенергетики 2023: правове регулювання. URL: <https://saf.org.ua>
44. Петрук В. Г. Аналіз сучасного стану альтернативної енергетики та рекомендації по екологізації паливно-енергетичного комплексу України. Матеріали II-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. (Вінниця, 2014). С. 120-128.
45. Платонова Є. О. Етапи розвитку законодавства у сфері використання альтернативних джерел енергії в Україні. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2020. № 8. С. 251-255. URL: <http://lsej.org.ua>

46. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV. URL: <http://zakon.rada.gov.ua>

47. Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів: Закон України від 09.07.2010 р. № 2480-VI. URL: <http://zakon.rada.gov.ua>

48. Програма сприяння зеленій модернізації економіки України. URL: [https://platforma-msb.org/wp-content/uploads/2016/12/1Green-Economy-present\\_for-East-Invest-Event-28\\_11\\_16-ukr.pdf](https://platforma-msb.org/wp-content/uploads/2016/12/1Green-Economy-present_for-East-Invest-Event-28_11_16-ukr.pdf)

49. Резнікова Н. В., Русак Д. М., Іващенко О. А. Вплив російсько-української війни на зелений перехід та енергетичну кризу: підходи лідерів ринку консалтингових послуг до ідентифікації тригерів загострення глобальних проблем економічного розвитку. *Ефективна економіка*. 2022. № 6. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek\\_2022\\_6\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2022_6_3).

50. Саєнко К. О. Правове забезпечення використання альтернативних джерел енергоресурсів в Україні. URL: <https://ojs.kname.edu.ua>

51. Савченко В., Кононенко Л., Карнаушенко А. Циркулярна економіка в умовах формування Суспільства 5.0. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2023. № 16. С. 166-174.

52. Сиротюк С. Дослідження енергетичного потенціалу біомаси АПК Львівщини. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії як альтернативні первинним: матеріали Восьмої міжнар. науково-практичної конф. (Львів, 2015). С. 103-109.

53. Сучасний стан відновлюваної енергетики в Україні. URL: <http://www.sae.gov.ua/uk>

54. Хілько В. А. Заходи підтримки відновлюваної енергетики в Україні. *Відновлювана енергетика*. 2021. № 3. С. 6-17.

55. Шабала О., Новосад О. Запобігання наслідків еколого-енергетичної катастрофи в Україні в умовах війни. *Економічний часопис*

*Волинського національного університету імені Лесі Українки. 2023. № 3. С. 34-42.*

56. Шевцов А. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив. URL: <http://old.niss.gov.ua/Monitor/november08/2.htm>

57. Bondarenko S., Verbivska L., Dobrianska N., Iefimova G., Pavlova V., Mamrotska O. Management of Enterprise Innovation Costs to Ensure Economic Security. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*. 2019. Volume-8. Issue-3. September, pp. 5609-5613.

58. Circle Economy. The circularity gap report 2023: Methods (v 1.0). Amsterdam: Circle Economy. Retrieved from: CGRI website. 2023. URL: <https://www.circularity-gap.world/about>

59. Lebedeva V., Dobrianska N., Gromova L. Public-private partnership as the leadership composition of the development of industrial production. Atlantis Press. 2nd International Conference on Social, economic, and academic leadership. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2018, volume 217. pp. 78-86.

60. *Top 10 Emerging Circular Economy Trends. 2025 and Beyond*. URL: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/circular-economy-trends/>

61. The European Parliament's Industry, Research and Energy Committee (ITRE) has adopted a report by ECR MEP Prof Zdzisław Krasnodębski on the new guidelines for trans-European energy infrastructure (TEN-E). European Conservatives and Reformists Group. URL: <https://ecrgroup.eu/article/a-solid-foundation-to-support-development-of-trans-european-energy-infrastr>

62. World Energy Outlook 2020. International Energy Agency. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>.