МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)
____ _____ 20___ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр
зі спеціальності 101 «Екологія» освітньо-професійної «Екологія та охорона навколишнього середовища»
на тему:

ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВА ЇХ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

Здобувачки групи ОС-01 Непокритової Анни Володимирівни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____Анна НЕПОКРИТОВА
(підпис)

Керівник – старший викладач кафедри екології
та природозахисних технологій,
кандидат технічних наук _____Олена ЯХНЕНКО
(підпис)

Суми – 2024

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“____” _____ 20___ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студентці Непокритовій Анні Володимирівні Група ОС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: Відновлювальні джерела енергії та перспектива їх розвитку в Україні.
2. Вихідні дані: характеристика ВДЕ, аналітичні дані використання відновлювальних джерел енергії в Україні та світі.
3. Перелік обов’язкового графічного матеріалу:
   - Графік «Частка постачання енергії від відновлювальних джерел» .
   - Схема циркулярної економіки .
   - Покоління використання біогазових технологій .
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Аналіз проблеми	+					
2	Літературний огляд		+	+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання – 03.04.2024

Керівник _____ старший викладач кафедри екології та природозахисних технологій, кандидат технічних наук Яхненко Олена Миколаївна

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 44 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 60 сторінок, у тому числі 2 таблиці, 9 рисунків, перелік джерел посилання 5 сторінок.

Мета роботи – аналіз поточного стану використання відновлювальних джерел енергії в Україні та визначення перспектив їх розвитку.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі *завдання:*

– Досліджено особливості відновлювальних джерел енергії (ВДЕ);

– Проаналізовано види ВДЕ, їх переваги та недоліки;

– Визначено стан відновлювальної енергетики в Україні до повномасштабного вторгнення і після його початку;

– Розглянуто світовий досвід використання відновлювальних джерел енергії;

– Проаналізовано перспективи розвитку ВДЕ в Україні;

– Визначено найперспективніше джерело енергії в Україні

– Досліджено можливості використання ВДЕ на основі зброджування біомаси на прикладі агроіндустріального холдінгу МХП, а саме біогазового комплексу ПрАТ «Оріль-Лідер» та ВП «Біогаз Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика».

Об'єкт дослідження – відновлювальні джерела енергії.

Предмет дослідження – поточний стан та перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ВДЕ, БІОМАСА, БІОГАЗ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....5
РОЗДІЛ 1 ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ.....7
1.1 Сонячна енергетика.....9
1.2 Вітряна енергетика.....11
1.3 Гідроенергетика.....13
1.4 Геотермальна енергетика.....15
1.5 Біоенергетика.....16
РОЗДІЛ 2 СТАН ВДЕ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ.....20
2.1 Стан ВДЕ в Україні до повномасштабного вторгнення.....20
2.2 Стан ВДЕ в Україні після початку повномасштабного вторгнення.....27
2.3 Світовий досвід використання ВДЕ.....33
РОЗДІЛ 3 ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАІНІ.....39
3.1 Перспективи використання сонячної, вітрової, геотермальної енергії та гідроенергетики в Україні.....39
3.2 Перспективи використання енергії біомаси в Україні.....41
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....49
ВИСНОВКИ.....55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....56

ВСТУП

Постійне збільшення кількості населення у світі в поєднанні з економічним і технологічним прогресом та сучасним способом життя призвело до високого попиту на енергію та її споживання. Протягом багатьох років викопне паливо було головним джерелом енергії, проте його використання має численні негативні наслідки для довкілля. Крім того, природні ресурси є обмеженими і з кожним роком вони вичерпуються все більше, що призводить до зростання цін на енергію. Зростаюча свідомість про проблеми забруднення навколишнього середовища, зміна клімату та обмеженість природних ресурсів стимулює на перехід до більш сталого та екологічного способу генерації енергії.

Актуальність теми. Україна має великий потенціал у використанні відновлювальної енергії. Розвиток відновлювальних джерел є ключовим напрямком для зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та скорочення викидів парникових газів.

До початку повномасштабного вторгнення, відновлювальні джерела енергії розглядалися переважно як засіб боротьби з кліматичною кризою. Проте зараз це питання набуває ще й політичного характеру. Перехід на відновлювальну енергетику дає можливість Україні стати енергетично незалежною державою. Після постійних аварійних відключень електроенергії у 2022-2023 роках, стало зрозуміло, що альтернативні джерела енергії є необхідними.

Ефективне впровадження відновлювальної енергетики дозволить Україні вийти на новий економічний рівень і надасть можливість суспільству із впевненістю дивитись у майбутнє.

Мета роботи – аналіз поточного стану використання відновлювальних джерел енергії в Україні та визначення перспектив їх розвитку.

Задачі дослідження:

- Дослідити особливості відновлювальних джерел енергії (ВДЕ);

- Проаналізувати види ВДЕ, їх переваги та недоліки;
- Визначити стан відновлювальної енергетики в Україні до повномасштабного вторгнення і після його початку;
- Розглянути світовий досвід використання відновлювальних джерел енергії;
- Проаналізувати перспективи розвитку ВДЕ в Україні;
- Визначити найперспективніше джерело енергії в Україні
- Дослідити можливості використання ВДЕ на основі зброджування біомаси на прикладі агроіндустріального холдінгу МХП, а саме біогазового комплексу ПрАТ «Оріль-Лідер» та ВП «Біогаз Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика».

Об'єкт дослідження: відновлювальні джерела енергії.

Предмет дослідження: поточний стан та перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні

Методи дослідження: аналітичні дослідження, літературний пошук, статистична обробка.

РОЗДІЛ 1 ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ: ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

Енергія є життєво важливою для задоволення основних потреб людини. Вона необхідна для здоров'я людини, повсякденного життя, зв'язку та мобільності і, в цілому, для економічного і соціального розвитку та добробуту. Енергетичні потреби світу стрімко зросли протягом останніх років, і очікується, що зі збільшенням чисельності населення в поєднанні з економічним і технологічним зростанням вони, ці потреби зростатимуть ще більше. За прогнозами, до 2050 року населення планети зросле до 9 мільярдів [1].

Про негативний вплив на навколишнє середовище викопних видів палива, які є основним джерелом енергії, відомо вже давно. Їх спалювання та використання призводить до великих викидів парникових газів в атмосферу, що є прямою причиною глобального потепління та зміни клімату.

Вичерпність запасів вуглеводнів (нафти, вугілля, природного газу), нерівномірність їх розподілу за географічними областями та загострення екологічної ситуації спонукають до збільшення зацікавленості у використанні відновлювальної енергетики, що базується на використанні відновлюваних джерел енергії. У зв'язку зі значним ступенем залежності національної економіки від імпорту енергетичних ресурсів, важливість підтримки використання відновлювальних джерел енергії в Україні набуває особливої актуальності.

Що ж взагалі мають на увазі під «відновлювальними джерелами енергії»?

Відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ) є джерела енергії, які можуть відновлюватися в природних масштабах протягом короткого періоду. Основна відмінність між ними та традиційними, такими як вугілля, нафта або природний газ, полягає у їх невичерпності, тобто їх можна використовувати без обмежень у часі. ВДЕ включають в себе сонячну, вітрову, гідроенергетику, біомасу та геотермальну енергію.

Відмова від традиційних джерел енергії дійсно має велике значення для всієї планети. Перехід на використання відновлювальних джерел енергії є дуже важливим кроком для досягнення Цілей сталого розвитку.

Цілі сталого розвитку (ЦСР), що також відомі як Глобальні цілі, були ухвалені Організацією Об'єднаних Націй у 2015 році як універсальний заклик до дій з метою зменшення бідності, захисту планети та забезпечення того, щоб до 2030 року всі люди жили в мирі і достатку (рисунок 1.1). Ці 17 Цілей взаємодіють між собою: дії у одній сфері впливають на результати в інших, тому розвиток повинен бути збалансованим у соціальному, економічному та екологічному плані [2].

Рисунок 1.1 – Глобальні цілі сталого розвитку

Інвестиції в сонячну, вітрову та теплову енергію, підвищення продуктивності енергії та забезпечення енергією для всіх є життєво важливими, якщо ми хочемо досягти сьомої цілі сталого розвитку («Доступна та чиста енергія») до 2030 року.

До основних завдань Цілей відносять такі:

- До 2030 року забезпечити загальний доступ до доступних, надійних і сучасних енергетичних послуг
- До 2030 року суттєво збільшити частку відновлюваної енергії у світовому енергетичному балансі

- До 2030 року подвоїти глобальні темпи підвищення енергоефективності
- До 2030 року розширити міжнародне співробітництво, щоб полегшити доступ до досліджень і технологій чистої енергії, включаючи відновлювані джерела енергії, енергоефективність і передові та чистіші технології використання викопного палива, а також сприяти інвестиціям в енергетичну інфраструктуру та технології чистої енергії
- До 2030 року розширити інфраструктуру та оновити технологію для постачання сучасних і стійких енергетичних послуг для всіх у країнах, що розвиваються, зокрема найменш розвинених країнах, малих острівних державах, що розвиваються, і країнах, що не мають виходу до моря [2].

Розглянемо більш детально джерела відновлювальної енергетики, переваги та недоліки використання різних видів ВДЕ, а саме сонячної, вітряної енергетики, гідроенергетики, геотермальної енергетики та енергії біомаси.

1.1 Сонячна енергетика

Енергія Сонця є не лише необмеженою, але й найекологічнішою з усіх доступних відновлювальних джерел енергії.

Кожні 8 хвилин Сонце випромінює стільки енергії, скільки людство використовує протягом року. Це означає, що Сонце щодня надсилає на Землю 9,6 мільярдів кіловат енергії. З цього випливає, що у майбутньому ймовірно більшість галузей виробництва будуть працювати саме завдяки сонячній енергетиці.

Сонячна енергія використовується як для виробництва електроенергії, так і для отримання тепла. За допомогою сонячних колекторів у системі гарячого водопостачання та опалення можна отримати електроенергію без шкідливого впливу на навколишнє середовище [3]. Впровадження належним чином розроблених сонячних систем може покривати до 50-60% енерговитрат, які раніше витрачалися на гаряче водопостачання.

Сонячна енергія видобувається шляхом захоплення сонячних променів у сонячні елементи, де відбувається перетворення сонячного світла в електричну енергію [4].

Сонячна теплоенергетика використовується для забезпечення тепла приватних і багатоквартирних житлових комплексах, лікувально-оздоровчих установ, різних аграрних підприємств, дач, басейнів та процесів виробництва у сільському господарстві та промисловості. Головним елементом є сонячний колектор, де теплоносій нагрівається сонячним випромінюванням.

Існують два типи сонячної енергії: активна та пасивна. Пасивні сонячні системи спроектовані для збору, зберігання та розподілу тепла, отриманого від сонячного світла за допомогою вигідного розташування будівель відносно Сонця, використання матеріалів з високою тепловою ефективністю та природної циркуляції повітря. Активні сонячні системи застосовують механічне та електричне обладнання для перетворення сонячного тепла або світла на інші форми корисної енергії [5].

Переваги:

- Загальнодоступність і невичерпність ресурсу;
- Повністю безпечне джерело для навколишнього середовища (хоча поширене використання сонячної енергії потенційно може змінити альбедо земної поверхні та сприяти зміні клімату);
- З кожним роком знижується вартість обладнання;
- Потребують мінімального обслуговування;
- СЕС виробляють енергію без участі людини;
- Великий термін експлуатації;
- Може ефективно застосовуватися для опалення та освітлення [4; 6; 7].

Недоліки:

- Залежить від кліматичних умов та часу доби: вночі і під час похмурих днів кількість виробленої енергії серйозно обмежена;
- Необхідне накопичення енергії (через залежність від погоди);

- Висока вартість обладнання та установки;
- Необхідність періодичної чистки дзеркальної поверхні від пилу;
- Нагрівання атмосфери над електростанцією;
- Низький коефіцієнт корисної дії сонячних елементів (14-18%);
- Для виробництва великої кількості енергії потрібна велика площа, для розміщення установок (для цього можливо доведеться вирубувати дерева, знищувати існуючу екосистему для будівництва);
- Фотоелементи, що застосовуються у виготовленні сонячних батарей, містять токсичні отруйні речовини, такі як свинець, кадмій, галій, миш'як та інші [4; 7; 8].

1.2 Вітряна енергетика

Енергія вітру є невичерпною. Протягом багатьох століть людство намагається максимально ефективно її використовувати. Історики дискутують про точний час, коли люди вперше почали використовувати енергію вітру. Згідно з офіційною версією, перші вітряні млини були створені в Персії приблизно у 7 столітті до нашої ери та у Китаї у 13 столітті нашої ери. В Європі вони стали відомі вже у 12 столітті нашої ери. Сила вітру допомагала людям успішно пересуватися Світовим океаном у потрібну їм точку планети, а також полегшувала важку працю [9].

Енергія вітру сприяє зменшенню залежності від вугілля та інших видів викопного палива, а також робить економіку країни більш стійкою. Ця енергія є поновлюваною і не викидає шкідливих речовин під час експлуатації, що можуть нашкодити навколишньому середовищу, за винятком тих, які необхідні для технічного обслуговування. Енергія вітру є одним з найчистіших та найбезпечніших способів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Вітрові електростанції можна створювати для отримання енергії вітру шляхом розміщення кількох вітрових турбін в одному місці, що дозволяє генерувати

значну кількість електроенергії. Цей вид енергії становить приблизно 2,5% від загального обсягу виробництва електроенергії у всьому світі. Вітрові турбіни можуть бути різних розмірів, що дозволяє досить широкому колу осіб та підприємствам використовувати їх для власних потреб або для продажу електроенергії.

Вітрова енергетика демонструє значний ріст протягом останніх десятиліть. Середній щорічний приріст галузі становить 26-27% по всьому світу. Уряди розвинених країн вкладають мільярди інвестицій на розвиток вітрової енергетики. Експерти вважають, що така тенденція буде лише зростати, оскільки електроенергія, отримана від вітру є доступною та нешкідливою для довкілля [10].

Енергія вітру використовує силу вітру для приведення в рух лопаток вітрових турбін.

Вітрові станції виконують різноманітні функції, включаючи роботу водяних та нафтових насосів, а також генераторів електроенергії. Практика та досвід багатьох країн підтверджують, що використання енергії вітру є досить вигідним. Це дуже екологічний підхід, оскільки електроенергія виробляється за допомогою енергії вітру, а не шляхом спалювання вуглецевого палива, викиди якого є небезпечними для здоров’я людини.

Підвищена вітрова активність у багатьох частинах світу спричинена постійними викидами промислових газів в атмосферу та іншими факторами, що збільшують температурні контрасти на поверхні Землі. Це одна з основних причин, яка підтримує актуальність будівництва вітроелектростанцій та інших джерел відновлювальної енергії.

Переваги:

- Невичерпне джерело енергії;
- Вимагає мінімального обслуговування;
- Не складні конструкції;
- Не приносить ніякого забруднення, яке може нашкодити

навколишньому середовищу, в тому числі не супроводжується викидами двоокису вуглецю;

- Можна будувати навіть на берегах водойм;
- Впровадження вітроенергетики не заважає веденню сільського господарства і промислової діяльності поблизу вітростанцій;
- Низька собівартість;
- Нульова вартість паливної складової [4; 7; 11].

Недоліки:

- Висока вартість комплексного обладнання та установки;
- Термін окупності інвестицій 5-6 років;
- Постійно змінюється сила та напрям вітру;
- Для отримання великої кількості енергії потрібна велика площа;
- Можуть негативно впливати на навколишнє середовище за рахунок низькочастотної вібрації, яка може заважати живим об’єктам;
- Загибель птахів та комах, що потрапляють до лопатей вітряків;
- Може нести небезпеку для аеронавігації;
- Небезпека для робітників, які обслуговують обладнання (можливість травмуватися через падіння і т.д.)
- Створюють шум високої частоти, що може заважати близьким населеним пунктам [4; 7; 11].

1.3 Гідроенергетика

Принцип роботи будь-якої гідроелектростанції зазвичай є досить простим, і майже ідентичним у всіх випадках. Тиск води, що діє на лопаті гідравлічної турбіни, приводить її у рух, а сама гідротурбіна, з’єднана з генератором, обертає останній. Генератори виробляють електроенергію, яка подається на трансформаторну станцію, а звідти – на лінії електропередачі.

У машинному залі ГЕС розташовані гідроагрегати, що перетворюють енергію потоку води на електричну енергію. В самій будівлі ГЕС розміщені всі необхідні розподільні пристрої, а також пристрої управління і контролю за роботою станції.

Залежно від тиску води, на гідроелектростанціях можуть використовуватися різні типи турбін. Для станцій з великим тиском використовують ковшові радіально-осьові турбіни із металевими спіральними камерами. У середньонапірних ГЕС встановлюють поворотно-лопатеві і радіально-осьові турбіни, а на станціях з низьким тиском – поворотно-лопаткові турбіни у залізобетонних камерах. У всіх типів турбін принцип роботи доволі схожий: вода під тиском потрапляє на лопаті турбіни, що в результаті починають обертатися. Механічна енергія, таким чином, передається гідрогенератору, який перетворює її на електроенергію. Різні турбіни відрізняються за технічними характеристиками і матеріалами камер - сталевими або залізобетонними, і призначені для різних рівнів тиску води [12].

Потужність гідроелектростанцій залежить від кількості та величини напору води, що протікає через турбіни. Безпосередньо тиск води забезпечується направленим рухом потоку води.

Частина енергії на ГЕС витрачається на гідравлічні втрати під час руху води в її проточному тракті.

Водосховища гідроелектростанцій або природні водойми (озера), регулюючи коливання обсягу води у річці (як багаторічні, так і сезонні, тижневі, добові), дозволяють максимально ефективно використовувати встановлену потужність ГЕС із збільшенням кількості виробленої електроенергії або забезпеченням роботи ГЕС у періоди пікового навантаження в енергосистемі.

Переваги:

- Електрику можна вробляти самостійно, оскільки наявність води не так сильно залежить від зовнішніх факторів, на відміну від інших джерел відновлювальної енергії;

- Гідроелектростанції не створюють відходів або забруднень;
- Вода, використана на ГЕС, може використовуватися повторно [8; 11].

Недоліки:

- Будівництво гребель може бути дуже дорогим;
- Необхідний достатній запас води для вироблення енергії;
- Може відбуватися затоплення територій/усихання малих річок;
- Неправильне розташування греблі або дамби може призвести до зміни екосистеми і втрати біорізноманіття [8; 11].

1.4 Геотермальна енергетика

Геотермальна енергетика використовує теплову енергію, яка знаходиться у надрах Землі, для виробництва електричної та теплової енергії на геотермальних станціях. Тепловий насос є ключовим пристроєм для цього процесу, оскільки він використовує тепло, що накопичується в грунті або підземних водах, та передає його в будинок. Цей метод має високий коефіцієнт ефективності порівняно з іншими системами опалення і кондиціонування, що призводить до зменшення витрат електроенергії вдвічі, на відміну від традиційних систем.

Використання геотермальної енергії має багатовікову історію. Одним із найперших відомих прикладів є Італія, де вже на початку 19 століття місцеві термальні води використовувалися для виробництва енергії. Ці джерела, що природним чином виходили на поверхню із надр землі або видобувалися з неглибоких свердловин, стали джерелом енергії для містечка в провінції Тоскана.

Геотермальна енергія характеризується дуже низьким рівнем викидів парникових газів – всього близько 3% від викидів вуглекислого газу на електростанціях, які працюють на викопному паливі. Крім того, її використання має мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище і не залежить від сонячної активності, що відрізняє її від інших джерел відновлювальної енергії [8; 13].

На сьогодні близько 90 країн світу володіють геотермальним потенціалом. Однак лише 24 держави активно використовують цей ресурс. У 2015 році на Конференції ООН з питань зміни клімату 36 країн оголосили про утворення Міжнародного геотермального альянсу (Global Geothermal Alliance). Основною метою цієї нової організації є сприяння співпраці між країнами у сфері вивчення та використання геотермальної енергії.

Переваги:

- Якщо геотермальна енергетика правильно впроваджена, вона не виробляє шкідливих побічних продуктів;
- Після завершення будівництва геотермальної станції, зазвичай немає потреби у постійному контролі її роботи;
- Геотермальні електростанції зазвичай мають невеликі розміри і мінімальний вплив на природний ландшафт [8].

Недоліки:

- Якщо неправильно побудувати електростанцію, геотермальна енергетика може призводити до забруднення довкілля;
- Неправильне буріння в землі може викликати викид небезпечних мінералів та газів у навколишнє середовище;
- Запаси геотермальних парів можуть бути вичерпними [8].

1.5 Біоенергетика

Досить перспективним сьогодні є використання енергії біомаси. Енергія біомаси або біоенергія відноситься до тієї форми енергії, яка виробляється в результаті перетворення біомаси, що може надходити безпосередньо з продуктів землі або з інших рослинних залишків. Зокрема, для виробництва енергії з біомаси можуть використовуватися продовольчі культури, залишки сільського господарства, муніципальні або промислові відходи, трав'янисті або деревні

рослини. Крім того, сучасна біоенергетика використовує рідке біопаливо, біогаз та інші технології.

Біоенергія є відновлювальною, її можна виробляти скрізь і використовувати для виробництва електроенергії, опалення та транспортування. До того ж, вона є вуглецево-нейтральною, що означає, що вона не спричиняє жодного чистого додавання вуглекислого газу в атмосферу.

Найбільш ефективні технології використання біомаси в біоенергетиці включають пряме спалювання, піроліз, газифікацію, анаеробну ферментацію з утворенням метану, а також виробництво спиртів і масел для отримання моторного палива.

Ці технології постійно вдосконалюються для оптимального забезпечення отримання енергії у зручній для використання формі та з максимальною ефективністю.

Загалом, енергія з органічних відходів може бути отримана за допомогою фізичних, хімічних або мікробіологічних методів.

Фізичний метод передбачає отримання енергії, що випромінюється при спалюванні органічних відходів.

Хімічний метод використовує процеси піролізу та газифікації біомаси для виробництва енергії.

Мікробіологічний метод є найпоширенішим у світі і передбачає безвідходне виробництво біогазу шляхом анаеробного зброджування. Цей процес також дозволяє отримати високоякісні органічні добрива як цінний побічний продукт [14].

Переваги:

- Тривалий термін ефективного використання;
- Можливість виробництва метану з умовно необмеженого джерела;
- Може бути використана як для невеликих господарств, так і для великих підприємств;
- Відновлюваність сировини;

- Позитивний енергетичний баланс;
- Закрите коло обігу CO_2 [4;7].

Недоліки:

- Потребує постійного обслуговування;
- Необхідна висока точність технологічних режимів;
- Сховища для зберігання потребують сертифікації;
- Біомасу необхідно транспортувати до установки;
- Виробництво може супроводжуватися різкими запахами [4; 7].

Отже, у цьому розділі було розглянуто відновлювальні джерела енергії, які в наш час стають все більш актуальними у контексті боротьби з кліматичними змінами та забезпечення енергетичної безпеки. Аналізуючи їх переваги та недоліки, можна зробити висновок про потенційну ефективність та шляхи оптимізації їх використання.

Перш за все, варто відзначити, що відновлювальні джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика та інші, мають значний екологічний виграш порівняно з традиційними джерелами енергії, такими як вугілля чи нафта. Вони не викидають шкідливих викидів у атмосферу та не спричиняють забруднення водойм.

Однак, разом із перевагами, відновлювальні джерела енергії також мають свої недоліки. Наприклад, залежність від погодних умов у випадку сонячної та вітрової енергії може призвести до нестабільності постачання електроенергії. Крім того, високі витрати на встановлення та обслуговування обладнання для використання відновлювальних джерел також є значним фактором, який слід враховувати при їх впровадженні.

Жодне джерело відновлюваної енергії не має універсального застосування і не підходить для використання у всіх ситуаціях. Вибір конкретного джерела завжди залежить від природних умов і потреб суспільства, тобто від конкретної ситуації.

Загалом, не дивлячись на недоліки, відновлювальні джерела енергії залишаються ключовим інструментом у переході до сталого енергетичного майбутнього.

РОЗДІЛ 2 СТАН ВДЕ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

2.1 Стан ВДЕ в Україні до повномасштабного вторгнення

До початку повномасштабного вторгнення в Україні спостерігався значний ріст потужностей відновлювальних джерел енергії. Це було викликано зобов'язаннями, які Україна взяла на себе у 2016 році, укладаючи Паризьку угоду.

В рамках цієї угоди наша країна встановила ціль досягти частки 25% альтернативних джерел в загальному енергетичному балансі згідно Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Цю мету можна досягти лише за умови активного міжнародного співробітництва з Європейським Союзом у сфері альтернативної енергетики [15].

У 2019 році Україна увійшла до перших десяти країн світу за темпами розвитку відновлюваної енергетики, а в 2020 році — до п'ятірки європейських країн за темпами розвитку сонячної енергетики. Також у 2019 році Україна посіла 8 місце серед 104 країн світу за інвестиційною привабливістю в галузі розвитку низьковуглецевих джерел енергії та будівництва «зеленої» економіки у рейтингу Climatescope від Bloomberg New Energy Finance (Bloomberg NEF).

У 2021 році, Україна вийшла на 48 місці за загальним інвестиційним потенціалом серед 136 країн світу в рейтингу BloombergNEF та увійшла до ТОП-10 країн світу за темпами розвитку зеленої енергетики. На початок 2022 року в цей сектор було інвестовано $12 млрд, що дало можливість генерувати 9,656 ГВт електроенергії. Частка іноземних інвесторів у встановленій потужності ВДЕ станом на кінець 2021 року перевищила 35%, що свідчить про конкурентоспроможність та відкритість українського сектору ВДЕ [16].

Починаючи із 2019 року, інвестиції у нові проєкти відновлюваної енергетики в Україні стали стабільно вищими ніж у проєкти на викопному паливі [17].

Основними джерелами відновлювальної енергії в Україні варто вважати вітрову, сонячну та енергію біомаси. Незважаючи на це, гідроелектростанції також мають значний внесок у розвиток ВДЕ, проте будівництво малих ГЕС у нашій країні малочисельне.

Таблиця 2.1 – Виробництво електроенергії за типами електростанції (млн. кВт-год)

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Усього	182815,4	163682,3	164572,9	156032,3	159852,8	154141,0	147801,4	156575,7
ТЕС	-	-	72875,1	58231,4	61152,1	58330,2	55401,4	45834,0
АЕС	-	-	80950,0	85576,2	84398,1	83002,7	76202,7	86205,4
ГЕС	-	-	9303,2	10519,6	12006,7	7855,1	7563,8	10445,8
ВЕС	-	-	953,8	983,4	1188,4	2020,2	3264,3	12519,7 *
СЕС	-	-	490,8	721,7	1107,5	2932,8	5369,2	

*Виробництво електроенергії альтернативними джерелами у 2021 році (ВЕС, СЕС, біомаса) збільшилося на 15,3% – до 12 млрд. 519,7 млн. кВт-год.

За даними НКРЕКП, на кінець 2021 року встановлена потужність сектору відновлюваної енергетики України досягла 9 655,9 МВт, включаючи сонячні установки для приватних домогосподарств (дСЕС), або 8 450,8 МВт — без них.

Варто відзначити, що у 2021 році, так само як і в попередні роки, активний темп розвитку спостерігався лише у сегменті домашніх сонячних електростанцій (дСЕС) (рисунок 2.1).

Таблиця 2.2 – Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Загальне постачання первинної енергії (тис. т н.е.)	105683	90090	94383	89462	93526	89359	86363
Із нього							
Гідроенергетика (тис. т н.е.)	729	464	660	769	897	560	650
У %	0,7%	0,5%	0,7%	0,9%	1,0%	0,6%	0,8%
Енергія біопалива та відходи (тис. т н.е.)	1934	2102	2832	2989	3209	3349	4243
У %	1,8%	2,3%	3,0%	3,3%	3,4%	3,8%	4,9%
Вітрова та сонячна енергія (тис. т н.е.)	134	134	124	149	197	426	794
У %	0,1%	0,1%	0,1%	0,2%	0,2%	0,5%	0,9%
Усього енергія від відновлювальних джерел							
Загальне постачання енергії від відновлювальних джерел (тис. т н.е.)	2797	2700	3616	3907	4303	4335	5687
Частка постачання енергії від відновлювальних джерел	2,6%	3,0%	3,8%	4,4%	4,6%	4,9%	6,6%

Потужність цього сегменту зросла на 426,1 МВт, що становить 36,4% від нових потужностей відновлювальної енергетики, що були введені в експлуатацію в 2021 році. Таким чином, загальна встановлена потужність усіх сонячних систем домогосподарств на кінець року досягла 1 205,1 МВт.

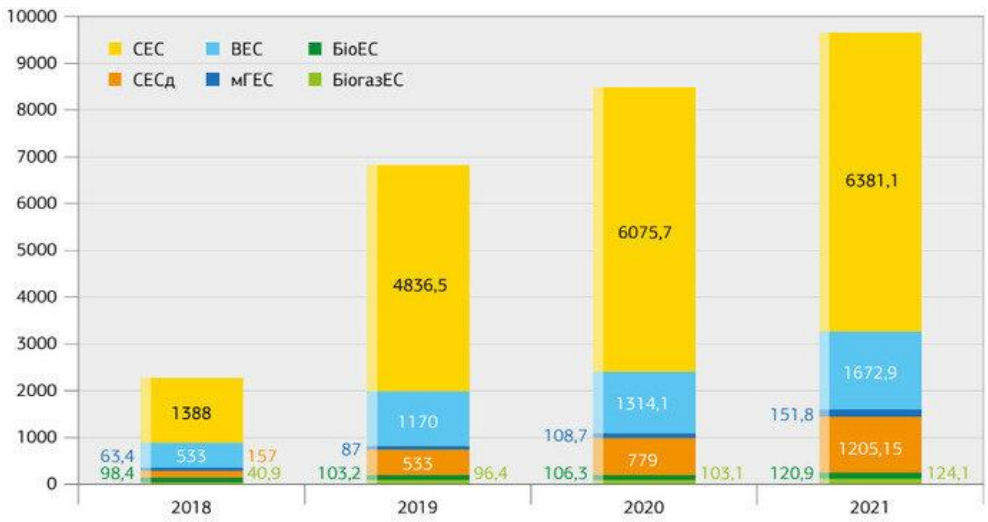

Рисунок 2.1 – Динаміка росту встановленої потужності об’єктів ВДЕ, які працюють за «зеленим» тарифом, МВт

У 2021 році частка ВДЕ у виробництві електроенергії досягла 8,1% (рисунок 2.2).

Рисунок 2.2 – Частка постачання енергії від відновлювальних джерел

У промисловому сегменті, сонячна енергетика продемонструвала менші темпи розвитку. У 2021 році потужність промислової сонячної генерації збільшились лише на 305,5. Це на 818,1 МВт або 3,6 разів менше ніж у 2020 році

(1 123,6 МВт). На кінець року сумарна встановлена потужність сектору сонячної енергетики країни склала 7 586,3 МВт (включаючи дСЕС) [17].

Вітроенергетика залишалися другим за величиною сектором відновлювальної енергетики в Україні після сонячної енергетики за загальною встановленою потужністю (рисунок 2.3).

Рисунок 2.3 – Вітрові станції України станом на кінець 2021 року

Проте, слід зазначити, що саме вітроенергетичний сектор України додав найбільшу кількість нових потужностей до «зеленої» енергетики в 2021 році. Частка вітроенергетичних потужностей, які були введені в експлуатацію у 2021 році, склала 30,6% або 358,8 МВт. Це у 2,5 рази більше обсягу нових вітроенергетичних потужностей, введених у 2020 році (144,2 МВт). Таким чином, загальна встановлена потужність вітроенергетичного сектору на кінець 2021 року становила 1 672,9 МВт.

До початку широкомасштабної війни в Україні, «зелену» електроенергію генерували 34 вітроелектростанції (ВЕС) або 699 вітрових турбін, середня одинична потужність яких становить 3,5 МВт [18].

Газова криза у кінці 2021 року підтвердила великі перспективи розвитку сектору біоенергетики України (біоЕС). У контексті рекордно високих цін на природний газ, біоенергетика виявляється здатною закрити частину дефіциту природного газу, забезпечуючи виробництво теплової та електричної енергії.

В цілому, у 2021 році було введено в експлуатацію 21 МВт (або 1,79%) біогазових установок, що вдвічі перевищує показники 2020 року, а також 43,1 МВт (або 3,68%) станцій на біомасі, що також вдвічі більше за приріст біоенергетичних потужностей 2020 року [19].

Частка потужностей малої гідроенергетики (мГЕС), які було введено в експлуатацію в 2021 році, становить 1,24% (14,6 МВт).

Географія розташування об’єктів ВДЕ відрізняється залежно від типу джерела енергії, що відповідає природному потенціалу різних регіонів. Вітрові електростанції переважно розташовані в південних і південно-східних регіонах, зокрема на узбережжі Чорного та Азовського. Сонячна генерація ж поширена набагато ширше, проте близько 60% промислових сонячних електростанцій знову ж таки зосереджені у південних та південно-східних регіонах України.

На початок 2022 року лідерами за загальною встановленою потужністю з ВДЕ серед усіх областей України є Дніпропетровська (1350,06 МВт), Херсонська (1139,65 МВт) та Миколаївська області (1121,16 МВт). На ці області припадає понад 37,3% усіх потужностей ВДЕ в Україні. Щодо річного приросту, найбільше нових об’єктів з ВДЕ у 2021 році з’явилося у Миколаївській (168,7 МВт), Одеській (149,1 МВт), Херсонській (145 МВт) та Запорізькій (98,8 МВт) областях. Важливо зазначити, що саме ці чотири області, зокрема, лідирують й за встановленою вітроенергетичною потужністю [18].

У 2021 році частка електроенергії, що згенерована з ВДЕ, склала 8.1% або 12.8ТВт·год. Це на 1 941,9 млн кВт·год або 17,8% перевищує показники

попереднього року. З цих 12.8 ТВт·год 56% становило сонячне випромінювання, 33% — енергії вітру, майже 8% — з використанням біомаси та біогазу, а 3% — з малої гідроенергетики [20].

2021 рік став визначальним для національного сектору ВДЕ, оскільки 11 травня 2021 року добове виробництво електроенергії з ВДЕ вперше в історії України перевищило рівень генерації тепловими електростанціями — 79 млн кВт·год проти 77 млн кВт·год.

Щорічні викиди CO_2 в атмосферу станом на 2021 рік були зменшені більше ніж на 10,3 млн тон, що еквівалентно викидам від понад 2,2 млн автомобілів. Зокрема, завдяки генерації електроенергії лише промисловими вітровими електростанціями у 2021 році було заощаджено 1,8 млн тонн вугілля, 1 171,4 тис $м^3$ природного газу та скорочено приблизно 3,1 млн тонн викидів CO_2 [21].

Наразі стимулювання встановлення генерації з відновлювальних джерел енергії споживачами реалізується через «зелений» тариф. Цей механізм суттєво підтримав розвиток генерації з ВДЕ для приватних домогосподарств.

Загалом, в Україні існує понад 880 суб’єктів господарювання, які мають встановлені «зелені тарифи на електричну енергію, вироблену на їхніх електроенергетичних підприємствах.

Незважаючи на виклики, що виникли у 2020–2021 роках, такі як затримки у будівництві та монтажних роботах на нових об’єктах відновлюваної енергетики через карантинні обмеження, нестабільність у законодавчому процесі та недотримання Урядом України своїх зобов’язань за галузевим законодавством, існуюча заборгованість на ринку відновлювальної енергетики України, сектор відновлювальної енергетики збільшив свою потужність. Це сприяло залученню додаткових інвестицій у державний та місцеві бюджети України і наблизило державу до виконання міжнародних зобов’язань, визначених Паризькою угодою, Планом із скорочення викидів парникових газів, Енергетичною стратегією України до 2035 року, Економічною стратегією України до 2030 року та до досягнення кліматичної нейтральності Україною не пізніше 2060 року.

Отже, можемо зробити висновок, що до настання повномасштабного вторгнення відбувалися позитивні зміни в енергетичній галузі, що спирається на відновлювальні джерела.

2.2 Стан ВДЕ в Україні після початку повномасштабного вторгнення

Унаслідок російської агресії проти України, більшість об’єктів відновлювальної енергетики опинилися під загрозою повного або часткового знищення. Наразі значна частина станцій ВДЕ вже припинила свою роботу, спостерігаються випадки руйнування ліній електропередач, підстанцій, сонячних панелей, вітротурбін, електрообладнання станцій тощо.

З лютого 2022 р. об’єкти енергетичної інфраструктури України стали однією з основних цілей ударів та диверсій ворога (рисунок 2.4).

Рисунок 2.4 – Постраждала від ракетного обстрілу сонячна електростанція компанії Solar Generation у Харківській області – ФЕС "Мерефа" (фото Станіслава Ігнатьєва)

Згідно з оцінкми експертів, станом на серпень 2022 року приблизно30–40% електростанцій, що працюють на відновлювальних джерелах енергії, вже постраждали, у районах, де тривали/тривають постійні бої або які були/є

тимчасово окупованими. Це оцінюється приблизно в 1120–1500 МВт встановленої потужності.

Восени 2022 року вимушено було виведено з експлуатації майже всі вітрові електростанції та приблизно половину сонячних. Це призвело до зменшення частки відновлювальних джерел у енергобалансі більш ніж удвічі [22].

Гідроелектростанції також зазнали серйозних руйнацій.

У ніч на 6 червня 2023 року російські війська підірвали дамбу Каховської ГЕС, що спричинило затоплення на Херсонщині та призвело до втрати джерела прісної води для низки південних областей України [23].

22 березня 2024 року ДніпроГЕС зазнала масштабних пошкоджень в результаті російської атаки (рисунок 2.5). Обидві частини станції припинили виробництво електроенергії [24].

Рисунок 2.5 – Фото Дніпровської ГЕС після удару (джерело: ukrinform.ua)

29 березня 2024 року були пошкоджені Канівська (потужність 500 МВт) та Дністровська (700 МВт) гідроелектростанції [24].

8 травня 2024 через значні ураження було виведено з експлуатації ще дві гідроелектростанції [25].

Внаслідок цього скоротились обсяги відновлюваної генерації підприємствами та заморозились проєкти будівництва нових станцій, що базуються на ВЕД.

Невдовзі відбулась фінансова криза на ринку ВДЕ, спричинена зниженням доступності фінансових ресурсів. Її наслідками стало:

– відкладення погашення заборгованості: внаслідок війни, питання погашення боргів перед підприємствами-виробниками ВДЕ було тимчасово відкладене та залишилось невирішеним на даний момент;

– обмеження виплат: обмежувався відсоток виплат за поставлену електроенергію внаслідок юридичної дії воєнного стану для підприємств виробників електроенергії з ВДЕ;

– фінансові зобов'язання підприємств виробників: виробники ВДЕ мали фінансові труднощі, проте продовжували свою діяльність у вкрай складних умовах.

Проте у січні 2023 року було відновлено роботу першого об’єкту, звільненого від окупації – Трифонівської сонячної електростанції компанії ДТЕК з потужністю 10 МВт. А в травні 2023 була запущена перша черга Тилігульської вітряної електростанції з проєктною потужністю 114 МВт на Миколаївщині [22].

Також у контексті воєнно-економічної ситуації в Україні з моменту вторгнення агресора деякі державні органи обговорюють можливість тимчасового скасування «зеленого» тарифу для підприємств-виробників енергії з ВДЕ. Виникає питання про доцільність прийняття такого рішення і його можливі наслідки для енергетичної системи країни, зокрема виконання взятих на себе зобов’язань перед міжнародною спільнотою у сфері розвитку альтернативної енергетики.

Крім фінансових проблем, що були згадані раніше, національний сектор вітроенергетики також стикається з неможливістю завершення будівництва деяких вітрових електростанцій у встановлені терміни, які передбачені чинним законодавством.

За даними Української асоціації вітрової енергетики (УВЕА), до кінця 2022 року планувалося запустити в експлуатацію нові вітроенергетичні потужності на рівні 800 МВт. Усі ці проєкти отримали дозволи на підключення до енергомережі, компанії уклали договори купівлі-продажу електроенергії за «зеленим» тарифом і договори на постачання вітроенергетичного обладнання від виробників. Деякі навіть успішно доставили вітротурбіни на майданчики ВЕС. Проте через початок широкомасштабних бойових дій та окупацію частини території України, будівництво вітроелектростанцій було призупинено [17].

Але урядом України після введення воєнного стану все ж було прийнято ряд важливих рішень, спрямованих на вирішення проблем у галузі відновлювальної енергетики.

Наприклад, в березні 2022 року, енергосистеми України та Молдови повністю синхронізувались з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E, що стало важливим кроком у протидії країна-агресору та відкрило нові можливості для розвитку «зеленої» енергетики. Після подвоєння пропускної здатності мережі між України з Румунією та Словаччиною зі 100 МВт до 250 МВт у кінці липня 2022 року, що є ще однією важливою досягнутою метою Оператора системи передач (ОСП) під час війни, українська електроенергія, зокрема та, що генерується з ВДЕ, набула нової ваги для європейського споживача [26].

У травні 2022 року Європейська Комісія ухвалила план REPowerEU, який визначає розвиток відновлюваних джерел енергії як пріоритетний суспільний інтерес. Цей план передбачає збільшення цілей ЄС з досягнення частки ВДЕ у електроенергетичному балансі до 45% до 2030 році. Щодо вітрової енергетики, Європа планує збільшити загальну потужність цього сектору до 2030 року до 510 ГВт. Україна, як частина енергетичної системи Європи, має зацікавленість в розвитку відповідно до європейських енергетичних тенденцій [27].

Ці рішення свідчать про розуміння державними органами важливості розвитку та підтримки підприємств-виробників з ВДЕ для майбутнього України як у воєнний, так і післявоєнний періоди. При відповідній реалізації, ці заходи

сприятимуть створенню стійкої вуглецево-нейтральної енергетичної системи країни.

Крім того, були внесені певні зміни у регулювання галузі, зокрема працюючі СЕС отримують команди на обмеження генерації протягом світлового дня для забезпечення балансу енергосистеми, з рівнем обмежень від 30% до 70%. Протягом війни Міненерго видало низку наказів, що безпосередньо впливають на розрахунки за відпущену електроенергію з ВДЕ:

• Наказ №103 від 4.03.2022: повне припинення розрахунків;

• Наказ №14016 від 28.03.2022: часткова оплата;

• Наказ №206 від 15.06.2022 – перегляд часткової оплати.

Зокрема, ДП «Гарантований Покупець» було доручено на період військового стану зменшити виплати за «зеленим» тарифом на 15-18% для СЕС, на 16-18% для ВЕС, на 35% для мГЕС, на 40% для біогазу та 60-75% для біоЕС (у порівнянні з середнім розміром «зеленого» тарифу на 2021 рік).

29 липня 2022 року було прийнято Закон України № 2479-IX «Про особливості регулювання відносин на ринку природного газу та у сфері теплопостачання під час дії воєнного стану та подальшого відновлення їх функціонування». Цей Закон дозволяє виробникам електроенергію з відновлювальних джерел, які продають її за «зеленим» тарифом, реалізовувати електроенергію на ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку, ринку двосторонніх договорів та балансуючому ринку, без участі Гарантованого покупця. В цьому виробники тимчасово виходять з балансуючої групи Гарантованого покупця, але не втрачають «зелений» тариф і можуть повернутися цього пізніше.

Також з початком війни були змінені умови розрахунків за відпущену електроенергію для домогосподарств.

У період війни постачальники універсальних послуг мають право на відстрочку оплати на 60 днів. Після закінчення цього терміну, або з припиненням чи скасуванням військового стану, постачальники універсальних послуг (ПУПи)

зобов'язані щомісяця погашати заборгованість за відпущену електроенергію рівними частинами. Для цього НЕК «Укренерго» щомісяця має перераховувати ПУПам не менше 19,5% вартості виробленої електроенергії домогосподарствами, що перевищує їх власне споживання, за «зеленим» тарифом.

Зі схваленням державного бюджету на 2023 рік тимчасово (на 2023 рік) було припинено дію норми Закону України «Про альтернативні джерела енергії», що мало передбачати видатки з державного бюджету на оплату ДП «Гарантований покупець» не менше 20% прогнозного виробництва електроенергії.

У серпні 2022 р. було затверджено Постанову КМУ «Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 23 травня 2018 р. № 420 і від 27 грудня 2019 р. № 1175», яка встановлює проведення аукціонів з розподілу квот державної підтримки на будівництво нових потужностей ВДЕ протягом наступних чотирьох років [28].

З метою здійснення Директиви 2018/2021 про заохочення до використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у 2023 р. прийнято Закон № 3220- IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та зеленої трансформації енергетичної системи України».

Цей Закон встановлює нові правила на ринку відновлюваних джерел енергії, включаючи запровадження гарантії походження електроенергії з ВДЕ; систему net billing для підтримки розвитку малої розподіленої генерації з альтернативних джерел енергії для споживачів; стимулювання розвитку сегменту прямих договорів купівлі-продажу електроенергії, виробленої з альтернативних джерел.

Також передбачається впровадження ринкової моделі підтримки (Feed-in-Premium) тощо. Ведеться розробка вторинного законодавства, а ще розроблено проєкт Концепції Державної цільової економічної програми для стимулювання розвитку розподіленої генерації електричної енергії з ВДЕ на період до 2030 року [29].

2.3 Світовий досвід використання ВДЕ

У розвинених країнах все більше уваги приділяють розвитку відновлювальних джерел енергії. Попит на відновлювальну енергію обумовлений потребою у збереженні навколишнього середовища, виконанням вимог щодо «озеленення» енергетики та зменшенням викидів парникових газів у атмосферу, що спричиняють негативні зміни клімату на Землі. Розвиток ВДЕ має важливе значення для забезпечення еколого-економічної стійкості країни та є одним із найперспективніших напрямів інноваційної діяльності.

За оцінками вчених, у світі на сьогодні існує приблизно 150 запланованих або вже реалізованих проєктів повного переходу на альтернативну енергетику. Ці проєкти можна класифікувати за кількома категоріями, включаючи міські, регіональні, державні, ініціативи у житловому секторі та бізнес-проєкти.

Серед країн, що активно розвивають технології та ринки альтернативних відновлювальних джерел енергії, значне місце посідають країни Європейського Союзу. Багато з цих країн відзначаються системним підходом до вирішення зазначених проблем. ЄС як об’єднання суверенних держав веде енергетичну політику на наднаціональному рівні, координуючи національні дії країн-учасниць для спільного розвитку та підвищення ефективності національних заходів. Європейський Союз також реалізує самостійну програму «Розумна енергія Європі» у межах діючої Рамкової програми ЄС із конкурентоспроможності та інновацій. На рівні ЄС були прийняті різні документи, такі як Директива 2001/77/ЕС «Про створення сприятливих умов продажу електроенергії, виробленої з відновлюваних енергоджерел, на внутрішньому ринку електричної енергії»; Директива 2009/28/ЕС (ВДЕ); рішення Комісії 2009/548/WE щодо популяризації відновлювальних джерел енергії. Планується, що до 2030 року, ЄС забезпечить до 40% загального споживання електроенергії за рахунок відновлювальних джерел енергії [30].

- Швеція

Уряд Швеції має на меті досягти 100% виробництва електроенергії з відновлюваних джерел до 2040 року. У Швеції більше половини споживання енергії припадає на поновлювані джерела енергії. Частка відновлюваної енергії у загальному споживанні енергії зросла з 33% (у 1990 році) до 54,6% (у 2018 році), що є найвищим показником серед країн-членів ЄС. Висока частка відновлюваної енергії в Швеції в основному сприяє гідроенергетиці та біоенергетиці. Гідроенергетика в основному призначена для виробництва електроенергії, а біоенергетика для опалення. На сьогодні близько 98% жителів отримують теплову енергію з твердих побутових відходів та біомаси. За останнє десятиліття також значно зросла потужність вітроенергетики. Європейська комісія надала швецькому місту Векше офіційний статус найзеленішого міста Європи, оскільки воно, маючи близько 90 тис. мешканців та площу близько 35 км^2 забезпечує всі енергетичні потреби за рахунок відновлюваних джерел енергії, велику частку яких становлять біомаса та біогаз. Для виробництва твердого біопалива використовуються відходи деревообробної промисловості, а також спеціально вирощену сировину, таку як енергетична деревина. Лісові ресурси оновлюються завдяки закону, прийнятому у Швеції більш ніж століття тому, що передбачає посадку нового дерева замість кожного зрубаного. Завдяки посиленню норм закону, зараз в країні на кожні два вирубані дерева висаджують три нових, що є дієвим засобом сприяння розвитку альтернативних джерел енергії [30].

- Данія

Данія вже давно визнає важливість зменшення використання вугілля та інших видів традиційних енергетичних джерел і активно вкладає зусилля у розвиток відновлюваних джерел енергії. Однією з найбільш примітних галузей відновлюваної енергетики в Данії є вітрова енергія. Країна використовує потужний вітровий потенціал, розташований як на суходолі, так і на морських узбережжях.

За період 2006 по 2013 роки загальне постачання первинної енергії в Данії поступово зменшувалося і стабілізувалося на рівні приблизно 700 ПДж після 2013 року. Останнім часом в країні спостерігається виразна тенденція переходу від використання викопних палив до відновлюваної енергії. У порівнянні з 2010 роком, вміст вугілля у загальному постачанні первинної енергії знизився з 20% до 5,5%, природного газу – з 22% до 16%, а частка нафти залишилася стабільною на рівні 36% [31].

На сьогоднішній день частка відновлюваної енергії становить близько 41% ЗППЕ.

Також Данія реалізує проєкт спорудження штучного острову в Північному морі, який стане центром для виробництва чистої енергії. Цей острів буде використовуватися для виробництва водню та постачання електроенергії для трьох мільйонів домогосподарств, які будуть підключені до офшорних вітрових турбін. Очікується, що установка матиме потужність 10 ГВт і буде запущена в експлуатацію у 2033 році [32].

- Китай

Крім країн Європи, ще багато країн світу вважають розвиток виробництва енергії з альтернативних джерел сучасним трендом. Наприклад уряд Китаю, відповідно до 14-го п'ятирічного плану, поставив амбітні цілі щодо впровадження відновлюваної енергетики, які включають збільшення споживання невикопного палива до 20% до 2025 року та досягнення вуглецевої нейтральності до 2060 року. Китай уже перевиконав деякі свої цілі у сфері зеленої енергетики. Відповідно до даних, оприлюднених Національним енергетичним управлінням, у 2023 році встановлена потужність ВДЕ в Китаї перевищила 1,45 мільярда кіловат, що складає більше 50% від загальної встановленої потужності країни.

Для підтримки цих цілей уряд Китаю надає щедрі субсидії та стимули для проєктів з відновлюваної енергетики, включаючи "зелені" тарифи, податкові пільги, програми субсидій (наприклад, субсидії для сонячних фотоелектричних установок, установок та вітроенергетичних проєктів) та пільгові кредити. Щоб

підкреслити роль Китаю у відновлюваній енергетиці, варто зазначити, що країна зробила значні інвестиції у відновлювану енергетику протягом останніх десятиліть і стала одним з найбільших у світі виробників технологій, пов'язаних з відновлюваною енергетикою, включаючи електромобілі, сонячні панелі та вітрогенератори.

Незважаючи на ці зусилля, значна залежність Китаю від вугілля для виробництва електроенергії залишається головною перешкодою на шляху до досягнення цілей у сфері відновлюваної енергетики. Вугілля все ще становить понад 70% енергетичного балансу Китаю, і зменшення його залежності від вугілля залишається складним завданням. Швидке економічне зростання та урбанізація Китаю також призвели до збільшення попиту на енергію, що є бар'єром для розширення використання відновлюваних джерел енергії. Тим не менш, інвестиції у відновлювані технології зменшили залежність країни від викопного палива і допомогли знизити викиди парникових газів. Уряд Китаю також вживає заходів для зменшення залежності від викопного палива та просування більш чистих джерел енергії, зокрема впроваджує національну схему торгівлі квотами на викиди вуглецю, встановлює суворі стандарти викидів для вугільних електростанцій та перешкоджає використанню вугільних шахт і електростанцій, що працюють на вугіллі. Наприклад, у 2016 році Китай оголосив про плани закриття понад 1000 вугільних шахт, а в 2017 році наказав закрити понад 100 млн тонн потужностей з виробництва сталі та 50 млн тонн потужностей з видобутку вугілля [33].

- Індія

Раніше Індія, разом із США та Китаєм, вважалася одним з найпривабливіших ринків сонячної енергії у світі, оскільки у 2022 році в країні був встановлений рекордний обсяг сонячної енергії.

Більшість відновлюваної енергії в Індії генерується за допомогою величезних сонячних електростанцій, які розташовані у пустелях Раджастхану та Гуджарату. Багато з цих електростанцій є результатом державно-приватних

партнерств, керованих муніципальними компаніями, які постачають електроенергію до мережі. Уряд Індії також працює над розширенням доступу до прибережних територій для впровадження офшорної вітрової енергії. Більше того, в індійському сільському господарстві фермери активно використовують сонячні панелі для живлення зрошувальних насосів, особливо в тих регіонах, де електрична мережа нестабільна.

З розвитком Індії та підвищенням рівня життя її населення, яке налічує 1,4 мільярди людей, зростає попит на енергію. На відміну від багатьох західних країн, які зобов'язалися обмежити загальні викиди, Індія оцінює свої викиди відповідно до свого валового внутрішньому продукту.

На кінець лютого 2023 року загальна потужність відновлюваних джерел енергії в Індії склала 169 ГВт. З них 82 ГВт представляли проєкти на різних стадіях реалізації, а близько 41 ГВт – на стадії проведення тендерів. Найбільша частина цієї потужності припадала на сонячну, вітрову та гідроенергетику. Індія планує збільшити свої потужності відновлюваної енергетики на 250 ГВт протягом наступних п'яти років в рамках плану досягнення 500 ГВт встановлених потужностей екологічно чистої енергії до 2030 року [34].

Особливістю державного регулювання розвитку ВДЕ в Індії є створення Міністерства нової та відновлювальної енергетики та 5 спеціалізованих установ у його підпорядкуванні. Зокрема: національні інститути сонячної, вітрової та біоенергетики, агенція з розвитку відновлювальної енергетики та корпорація з сонячної енергетики.

- США

У численних містах США, таких як Аспен, Бурлінгтон, Вермонт, вже вдалося повністю перейти на відновлювану енергетику. Крім того, Ванкувер (Канада) також виражає намір повністю перейти на альтернативні джерела енергії. У 2022 році в США вперше виробництво електрики за допомогою відновлюваних джерел енергії перевищило показник вугільних електростанцій. Частка ВДЕ у загальному обсязі виробництва електроенергії зросла до 21% (у

2021 вона складала 19%), частка вугільної генерації знизилася до 20% з 23%, атомної – з 20% до 19%.

Наразі спостерігається очевидна тенденція до збільшення ролі ВДЕ як у структурі енергоспоживання, так і в планах уряду та приватних компаній. Доказом успішної перспективи є федеральні податкові пільги, що спрямовані на субсидування виробництва такого типу енергії. Уряд США створює сприятливі умови для резидентів, які переходять на альтернативні джерела енергії. Наприклад, 30% податкові пільги для тих, хто встановить сонячні енергосистеми на свої будинки. Вартість цієї програми у найближчі роки трохи перевищує 1 млрд дол. США. Також планується використання понад 280 тис акрів (понад 113 тис. га) державних земель для будівництва потужних сонячних електростанцій. Уряд США вже виділив 17 зон, загальна площа яких становить понад 285 тис акрів (понад 115 тис. га) на території шести штатів. Департамент з питань навколишнього середовища США підтримує низку проєктів, що спрямовані на забезпечення населення «зеленою» енергією. Головними ініціаторами цих програм виступають місцеві громади та адміністративні органи мегаполісів і інших невеликих населених пунктів [35].

Відомі світові бренди, такі як “IKEA”, “Johnson & Johnson”, “Nike”, “Procter & Gamble”, “Starbucks”, “Voya Financial and Walmart”, “Google”, “Apple”, “Microsoft”, “Facebook прийняли рішення використовувати електроенергію виключно з відновлювальних джерел у всіх сферах своєї діяльності [30].

Отже, за останні роки Україна зробила певний прогрес у розвитку відновлюваної енергетики, зокрема, в області вітрової та сонячної енергії. Були запущені кілька великих проектів з встановлення вітро- та сонячних електростанцій, а також розроблені програми стимулювання використання альтернативних джерел енергії. Початок повномасштабного вторгнення загальмував цей прогрес і залишив сектор ВДЕ у складному невизначеному стані. Проте, незважаючи на це, Україна продовжує приймати рішення задля розвитку і покращення цієї галузі.

РОЗДІЛ 3 ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАІНІ

3.1 Перспективи використання сонячної, вітрової, геотермальної енергії та гідроенергетики в Україні

Перспективи використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в Україні є великими та різноманітними. Зокрема, у зв'язку зі стрімким розвитком технологій та зростаючим світовим попитом на чисті джерела енергії, ВДЕ стають не лише ключовим напрямом енергетичної політики країни, але й важливим фактором її економічного та екологічного розвитку.

Сонячна енергія має великий потенціал в Україні, особливо у зв'язку зі сприятливими кліматичними умовами. Для найбільш ефективного використання сонячної енергії підходять південні та південно-східні території нашої країни, оскільки показники сонячної радіації тут найвищі.

Вітрова енергетика має великий потенціал для розвитку у різних регіонах України, зокрема на території Приазовської височини, Причорноморської низовини, Кримських та Карпатських гір, Волинської та Донецької височин.

Найскладнішим для будівництва вітрових електростанцій є гірські райони. Вони вимагають значних додаткових витрат час і коштів на вибір майданчиків, прокладання доріг і ліній електропередачі, доставку вітроенергетичних установок і кранів, а також на обслуговування.

Лісова зона також є малопривабливою для будівництва ВЕС. Ліси створюють природні перешкоди для вітрових потоків, підвищуючи їх турбулентність, що зменшує виробництво електроенергії і прискорює знос обладнання.

Зона лісостепу, після вилучення лісових ділянок і антропогенних перешкод, є цілком придатною для реалізації економічно ефективних інвестиційних проектів у вітрову енергетику.

Найбільш привабливою для таких проектів є степова зона. Взимку тут дмуть сильні вітри, а влітку їх силу компенсують бризи. Наявність потужних морських портів і мереж автошляхів у степовій зоні спрощує вирішення логістичних питань [36].

Найбільший потенціал встановленої потужності та виробітку ВЕС мають Дніпропетровська, Херсонська, Одеська та Запорізька області.

Перспективи розвитку гідроенергетики в Україні є значними, враховуючи її природні ресурси та необхідність у підвищенні енергетичної безпеки. Гідроенергетика вже відіграє важливу роль у національній енергетичній системі, забезпечуючи стабільне і відновлюване джерело енергії. Однак, потенціал для подальшого розвитку існує, особливо в контексті малих і середніх гідроелектростанцій (ГЕС), модернізації існуючих потужностей та впровадження нових технологій.

Одним з ключових напрямів розвитку є модернізація існуючих великих гідроелектростанцій. Багато з них були побудовані ще за радянських часів і потребують оновлення обладнання для підвищення ефективності та безпеки. Модернізація дозволить збільшити виробництво електроенергії без будівництва нових об'єктів, що зменшить екологічний вплив на навколишнє середовище.

Розвиток малих і середніх ГЕС є ще одним перспективним напрямом. Україна має значний потенціал для будівництва таких станцій на малих річках та водосховищах. Це не тільки дозволить збільшити виробництво відновлюваної енергії, але й сприятиме економічному розвитку віддалених регіонів, створенню нових робочих місць та поліпшенню інфраструктури. Малі ГЕС мають менший екологічний вплив у порівнянні з великими проектами, що робить їх привабливими з точки зору стійкого розвитку. Найвищий технічний потенціал зосереджений у таких областях: Закарпатська (35%), Івано-Франківська (16%),

Львівська (12%), Чернівецька (6%), Кіровоградська (4%), Тернопільська (3%). Найнижчий потенціал мають області: Одеська (0,37%), Волинська (0,27%), Херсонська (0,18%), Чернігівська (0,16%), Запорізька (0,05%) [36].

На відміну від інших відновлюваних джерел енергії темпи нарощування виробничих потужностей геотермальної енергетики в Україні відбуваються значно повільніше. Найбільш розповсюдженим і придатним для технічного використання джерелом геотермальної енергії в Україні наразі є гідротермальні ресурси. Найсприятливіші геотермічні умови для їх освоєння спостерігаються в Передкарпатському (Львівська, Івано-Франківська, частково Чернівецька області) та Закарпатському (Закарпатська область) прогинах, у Дніпровсько-Донецькій западині (Чернігівська, Полтавська, Сумська, Харківська, Дніпропетровська області), а також у Степовому Криму та на узбережжі Чорного моря (Херсонська та Одеська області) [37].

3.2 Перспективи використання енергії біомаси в Україні

Біоенергетика ж не залежить ні від погодних умов, ні від географічного розташування. Україна має достатню кількість ресурсів саме для розвитку біоенергетики.

Наявність значної кількості сільськогосподарських угідь, лісів, луків та інші природних ресурсів, дозволяє накопичувати велику кількість біомаси, яку можна використовувати для виробництва різних видів біопалива. Біомаса є широко поширеною сировиною для отримання енергії і включає в себе деревинну біомасу та відходи деревообробної промисловості, технічні культури, сільськогосподарські відходи і агропромислові стоки, органічну частину муніципальних відходів, відходи домашнього господарства та стічні води. Важливо зазначити, що ці ресурси щорічно накопичуються у великих обсягах і негативно впливають на навколишнє середовище.

Окрім цього, будівництво великих електростанцій в умовах війни не є безпечним, оскільки як на етапі будівництва, так і на етапі експлуатації, такі об’єкти можуть стати цілями для ворожих атак. А для будівництва, наприклад, тієї ж біогазової установки не потрібно ні багато території, ні багато часу.

На відміну від вітрових і сонячних електростанцій, які мають тимчасові періоди вироблення електроенергії, біогазові установки забезпечують стабільну електричну потужність. Вони не потребують створення резервної потужності для згладжування нерівномірності виробництва електроенергії.

Крім того, біогазова установка оснащена накопичувачем для газу, що дозволяє акумулювати біогаз і використовувати його як резервну потужність, працюючи, наприклад, лише в години пікового навантаження на мережу.

Біогаз є одним з кращих варіантів серед інших видів біоенергетики завдяки своїй ефективності у використанні відходів, стабільності виробництва енергії, екологічним перевагам, економічним вигодам та гнучкості у використанні. Ці фактори роблять його привабливим для реалізації як на рівні окремих господарств, так і на промисловому рівні, сприяючи сталому розвитку та енергетичній незалежності.

Біогаз – це суміш газів, що утворюється в результаті анаеробного метанового зброджения біомаси і містить метан, вуглекислий газ, сірководень, аміак та інші гази. Генерація енергії з біогазу є екологічно безпечним, оскільки не призводить до додаткових викидів CO_2 і знижує обсяг органічних відходів. На відміну від вітрової і сонячної енергії, біогаз можна виробляти незалежно від погодних умов, а в порівнянні з викопним паливом, біогаз в Україні має значний відновлюваний потенціал.

Іншим джерелом біогазу є анаеробне розкладання біомаси на полігонах твердих побутових відходів [36].

В Україні розвинувся потужний агропромисловий сектор, який виробляє значні обсяги органічних відходів, що є значним енергетичним ресурсом для вироблення біогазу.

Використання біогазу дозволяє замінити такі види палива:

- Природний газ, який використовується у когенераційних установках для виробництва електричної енергії для загальнонаціональної енергосистеми та теплової енергії для місцевих потреб;
- Бензин, дизельне паливо та гас у стаціонарних і транспортних двигунах внутрішнього згоряння [38].

Можливість і ефективність виробництва біогазу в Україні розглянуто на прикладі агрохолдингу МХП (рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 – Біогазовий комплекс МХП "Біогаз Ладижин" (фото прес-служби МХП)

Реалізація біогазових проєктів дозволяє МХП ефективно утилізувати виробничі відходи, генерувати чисту зелену енергію, значно зменшувати викиди парникових газів та виробляти екологічно чисті органічні добрива.

Навесні 2012 року МХП розпочав будівництво першої біогазової станції на птахофабриці «Оріль-Лідер» у Дніпропетровській області. У грудні було введено в експлуатацію перший ферментатор.

У 2013 році була запущена біогазова станція з потужністю 5 МВт/год, що еквівалентно електропостачанню для 15 000 квартир і тепловому забезпеченню 1 500 квартир.

Наприкінці 2014 року біогазова станція досягла своєї повної потужності. Це перша в Європі біогазова станція такої потужності й рівня технологій, що працює на курячому посліді та відходах комплексу з переробки курчат-бройлерів.

Міжнародні організації підтвердили ефективність і відповідність проєкту екологічним і безпековим стандартам.

За період з 2013 по 2019 роки на цій біогазовій станції було:

- Утилізовано курячого посліду – 370 000 т;
- Утилізовано стічних вод – 800 000 м³;
- Вироблено біогазу – 120 млн м³;
- Вироблено зеленої енергії – 240 млн кВт.

Загалом відбувалася переробка 100% курячого посліду.

Наприкінці 2019 року було введено в експлуатацію першу чергу комплексу «Біогаз Ладижин» з енергетичною потужністю 12 МВт. Об’єкт, розташований у селі Василівка Тульчинського району Вінницької області, входить до складу «Вінницької птахофабрики».

Проєкт будівництва біогазового комплексу реалізується у дві черги, з планованою встановленою енергетичною потужністю 24 МВт, що зробить його найбільшим у світі біогазовим комплексом з переробки органічних відходів птахівництва.

Електроенергії, виробленої на першій черзі біогазового комплексу, вистачить для забезпечення енергією 35 000 сімей одночасно.

Крім того, у промисловому масштабі ця енергія може покрити близько 40% потреб агроіндустріального кластеру МХП. Окрім електроенергії, біогазовий комплекс виробляє органічні біодобрива з високим вмістом поживних елементів для рослин (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Динаміка виробництва органічних добрив біогазовим комплексом «Оріль Лідер» та внесення на поля

Використання органічних добрив може стати дуже серйозним аргументом для розвитку органічного землеробства а Україна може зайняти лідерські позиції у світі з виробництва органічної продукції.

Перевагами органічних добрив , що отримані при зброджування біомаси (дигестату) є :

- універсальність органічних дорив, які підходять для всіх типів ґрунтів і підживлення всіх видів рослин;
- підвищують вміст органічних речовин і як наслідок гумусу в ґрунтах;
- покращують водний і повітряний режим грунтів;
- дані органічні добрива можна вносити в будь який період часу;
- має близький до нейтрального pH і не підкислює грунт;
- не містить патогенних мікро і макроорганізмів;
- містить повний комплекс необхідних мікрокро - і макроелементів (NPK);
- дозволяє підвищити врожайність;
- використання органічного добрива створює передумови для розвитку органічного сільськогосподарського виробництва та збільшення доходу від реалізації продукції.

Масштаби комплексу «Біогаз Ладижин» вражають: він має перші в Україні 12 резервуарів діаметром 41 м і висотою 6,5 м, з робочим об’ємом 8 000 м^3 [39].

Функціонування І черги комплексу «Біогаз Ладижин» допомагає скоротити викиди парникових газів на орієнтовно 100 тисяч тонн CO_2-еквіваленту щорічно.

Унікальність цього біогазового проєкту полягає в особливій технології перемішування субстрату, яка передбачає барботування виробленого газу через шар субстрату. Для цього було побудовано біогазопровід до когенераційних установок, розташованих за 10 км від біогазової станції (рисунок 3.3).

Окрім стандартного виробництва електричної енергії з біогазу, проєкт також передбачає використання пари та гарячої води, що утворюються під час виробництва електроенергії, для потреб забійного комплексу птахофабрики. Щороку в промисловому птахівництві утворюється близько 3,3 млн тонн посліду, з якого можна отримати 3,3 млрд м^3 метану щорічно [38].

Електростанція отримує по трубопроводу біогаз, спалює його у двигунах внутрішнього згоряння, (за принципом, як в автомобілі), і виробляє пар та електричну енергію. Потужність одного двигуна – 2 тис. кВт, разом – 12 МВт і 7 тонн пару щогодини. Весь об’єм пару використовують у виробничому процесі.

Рисунок 3.3 – Схема розташування біогазових станцій та їх зв'язок з когенераційними установками на місцевості

У 2022 році біогазовий комплекс компанії МХП був визнаний одним із найкращих згідно з рейтингом *Global 100RE Ukraine*. Український проєкт біогазового комплексу агроіндустріального холдингу МХП став фіналістом світового конкурсу біогазових технологій *AD&Biogas Industry Award 2022*

Компанія МХП успішно впроваджує модель економіки замкненого циклу, відповідно до найкращих світових практик, що було визнано глобальними інституціями, зокрема Всесвітньою біогазовою асоціацією (World Biogas Association).

Навіть у складних умовах війни МХП продовжує успішно перетворювати відходи виробництва на відновлювану енергію, тепло та органічні добрива. Оскільки бізнес та економіка, побудовані на основі циркулярної моделі, можуть бути повністю автономними. Підприємство вирощує зерно, трансформує в курку, м'ясо продає, органічні відходи йдуть в біогаз, біогаз використовується для власного виробництва, продукти переробки — органічні добрива — використовують на своїх полях. І так виходить замкнутий цикл. В результаті зменшуються викиди CO_2, отримується якісна продукція і на кожному етапі маємо додану вартість [40].

Екологічна стратегія МХП спрямована на перетворення бізнесу на екологічно чисту компанію. Використання біогазу для виробництва енергії дозволяє замінити собою викопні види палива, такі як вугілля, природний газ і нафта, що є важливим внеском у зменшення парникових видів та інших забруднень.

МХП останні роки успішно реалізовувала концепцію «Біогаз 3.0», і сьогодні починає впровадження технологій «Біогаз 5.0».

Біогаз 3.0 — утилізація відходів + чиста енергія + органічні добрива + скорочення викидів парникових газів.

Біогаз 5.0 — це утилізація відходів + чиста енергія + органічні добрива + скорочення викидів парникових газів + виробництво CO_2 та біометану + інтеграція технологій «зеленого» водню.

Компанія МХП має значний потенціал для виробництва біометану. На існуючих біогазових комплексах можливо виробляти близько 40 мільйонів метрів кубічних біометану на рік; використовуючи органічні відходи компанії, цей обсяг може досягти 100 мільйонів метрів кубічних на рік; а на основі органічних відходів з інтеграцією «зеленого» водню — до 150 млн метрів кубічних на рік.

Виробництво біометану — це наступний етап у розвитку біоенергетичних технологій. Видаливши CO_2 та інші домішки із біогазу, отримують чистий метан, який може слугувати замінником природного газу і транспортуватися по газотранспортній системі.

Агроіндустріальний холдинг МХП планує у 2023 році запустити в роботу першу установку з очистки біогазу до біометану; зараз холдинг працює над вибором технології очистки.

Проекти, подібні біогазовому комплексу ВП «Біогаз Ладижин» МХП, відіграють важливу роль у формуванні енергетичної безпеки та реалізації свідомої екологічної політики [39].

МХП — це найдинамічніша та найбільш інноваційна компанія аграрного сектору України, та трансформаційний лідер екологічно чистого виробництва, «зеленої» енергетики й інноваційних технологій.

В межах програми Innovate Ukraine МХП уряд Великобританії підтримає інноваційні проєкти зеленої енергетики в Україні. І один із них – це проєкт МХП по розробці нового способу виробництва біогазу з мікроводоростей.

Отже, Україна має великі перспективи в сфері відновлювальної енергетики. Найперспективнішим джерелом, на нашу думку, є біогаз, оскільки його виробництво не має погодних чи географічних обмежень. Проте має досить великі джерела сировини.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

При виконані робіт з охорони праці персоналу на біогазових комплексах необхідно дотримуватися норм безпеки відповідно до НПАОП 01.0-1.02-18 "Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві", а також правил техніки безпеки експлуатації біогазових установок.

Розташування ферментаторів та інших будівель на території підприємства має відповідати вимогам ДБН Б.2.2-12:2019 "Планування і забудова територій", ВНТП-АПК-09.06 "Система видалення, обробки, підготовки та використання гною" та ДБН В.2.5-20-2018 "Газопостачання".

Для гарантування безпеки персоналу необхідно встановити обладнання, яке сповіщає про небезпеку вибуху газів.

Первинні засоби пожежогасіння, що призначені для певних категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою, потрібно розміщувати на видних місцях згідно ДБН В. 1.1-7:2016 та ДСТУ Б В. 1.1-4 [41].

Оскільки більшість біогазових установок працюють під тиском, для гарантування безпеки необхідно суворо дотримуватися заданого режиму, постійно контролювати роботу апаратури та не залишати її без нагляду.

Під час проектування розробляються заходи, що гарантують безпеку персоналу при експлуатації приладів, засобів автоматизації та щитових пристроїв системи автоматики відповідно до державних актів, які забезпечують виконання Закону України «Про охорону праці». При автоматизація процесу виробництва біогазу оператор знаходиться в приміщенні, де присутні такі шкідливі фактори як повітря робочої зони, шум та вібрації, електробезпека та пожежна небезпека.

При експлуатації обладнання для отримання біогазу та його використання слід враховувати вибухонебезпечність метану. Небезпека вибуху виникає, коли метан змішується з повітрям у співвідношенні від 5 до 15% за об'ємом і за

наявності джерела спалаху з температурою 600°С. Відкритий вогонь становить загрозу при концентрації біогазу в повітрі від 12%.

У разі витоку, за умови наявності вентиляції, газ випаровується без наслідків. Тому на установках для отримання метану та в їхніх оточуючих зонах необхідно суворо дотримуватись заходів безпеки, для запобігання пожежі і вибуху.

До складу біогазу також входять сірководень (H_2S) та вуглекислий газ (CO_2). Сірководень, хоча й становить небезпеку для здоров'я людей, зустрічається в невеликих кількостях і легко виявляється через неприємний запах. Оскільки сірководень важчий за повітря, необхідно стежити, щоб у разі витоків він не накопичувався в заглибленнях. У високих концентраціях він притуплює сприйняття запаху, що ускладнює його виявлення і може призвести до смертельних отруєнь, хоча частка сірководню в біогазі може бути дуже мала і складає не більше 1 %. Вуглекислий газ, також присутній у біогазі, теж може накопичуватись в глибоких виїмках, оскільки він важчий за повітря, і при витоках може викликати небезпеку задухи [42].

Підприємство повинно мати інструкції з обслуговування для кожного виду обладнання та біогазових установок загалом у випадку поломки.

Перелік заходів безпеки включає:

1. Ємності для газу слід розміщувати на достатній відстані від житлових будинків, складів і громадських доріг. Мінімально допустимі такі відстані становлять: від будинків з м'якою покрівлею - 10 м; від будинків з твердою покрівлею - 5 м.

2. Паління і розпалювання вогню поблизу газових резервуарів (у радіусі 10 м) забороняється. Встановлюються спеціальні таблички з відповідними надписами.

Захисні дистанції орієнтовані на вірогідність вибуху. Нульова зона: постійна небезпека вибуху, який не виникає при нормальній роботу БГУ. Перша зона: періодично виникає небезпека вибуху через наявність різних газів

(наприклад, біля горловини продувного трубопроводу). Друга зона: можливість утворення вибухонебезпечного середовища з газів. Ці території повинні бути внесені до плану вибухонебезпечних зон, який подається при плануванні будівництва і для ознайомлення працівників.

3. Регулярно проводять перевірку рівня води в резервуарі газгольдера циліндричного типу. Взимку необхідно запобігати утворенню крижаної кірки. Ремонт резервуарів і трубопроводів повинні виконувати виключно спеціалісти (організація-виробник обладнання), що особливо важливо для робіт, які включають використання відкритого полум'я та зварювання на газгольдері і трубопроводах.

4. Запобігання виходу метану та його змішування з повітрям в обмеженому просторі охоплює забезпечення герметичності газопровідних ліній та вентиляцію редукційних клапанів з відведенням повітря назовні.

5. Газопровідні лінії очищаються від повітря шляхом пропускання газу через них перед його використанням.

6. Розміщення вогнегасників на газопровідних лініях, які проходять поруч з газоспалювальними установками.

7. Забезпечення належної вентиляції в зоні газопровідних ліній.

8. Встановлення вентиляційного отвору під стелею приміщення для відведення назовні газу з меншою щільністю, ніж повітря.

9. Укладання газопровідних ліній з позитивним або зворотним нахилом, з обладнанням водовідокремлювача на нижньому кінці лінії (оскільки біогаз містить водяну пару).

10. Захист газопровідних ліній, а особливо водовідокремлювачів і вогнегасників, від замерзання, має велике значення, оскільки це може спричинити перерву у подачі газу, пошкодити газопровідну лінію та призвести до значного підвищення тиску в метантенку або газгольдері, які спроектовані на низький тиск.

11. Усунення усіх можливих джерел іскроутворення із зони біогазової установки та газопровідних ліній.

12. Розміщення вогнегасника у зоні зберігання газу.

13. Резервуари для зберігання газу, призначені для наповнення балонів, мають бути розраховані на тиск 170 кг/см^2 .

Загальні вимоги безпеки:

1. Вік осіб, які мають доступ до обслуговування біогазової установки, повинен бути не менше 18 років, і лише після проходження інструктажу з охорони праці на відповідних робочих місцях. Інформація про проведення інструктажу фіксується в журналі, з обов'язковим підписом всім проінструктованих робітників і особи, що проводила інструктаж.

2. Щоденно перед початком зміни обслуговуючий персонал повинен проходити інструктаж з охорони праці. Особи, які займаються обслуговуванням біогазової установки, повинні проходити медичний огляд не рідше одного разу на шість місяців. Годуючі або вагітні жінки не можуть бути допущені до роботи з обслуговування біогазової установки.

3. Під час роботи з біогазовою установкою необхідно пам'ятати про вибухонебезпечність метану та ретельно контролювати герметичність газгольдера та його комунікацій. У випадку виявлення витоку газу, роботу слід негайно припинити, а усунення дефекту мають виконувати лише кваліфіковані фахівці, які знають правила поводження з вибухонебезпечними речовинами.

4. Порожні цистерни і резервуари біогазової установки періодично перевіряються не менше ніж двома кваліфікованими фахівцями, які ознайомлені з заходами безпеки і мають при собі шлангові протигази, гумові рукавички і страхувальні мотузки. Після завершення роботи необхідно провітрити спецодяг в спеціально відведеному для цього приміщення.

5. Під час обслуговування біогазової установки можливі такі небезпечні і шкідливі чинники виробництва: висока напруга в електричних установках, викиди токсичних газів, підвищений рівень шуму, вібрації, підвищений тиск газу, наявність відкритого полум'я [42].

При експлуатації біогазової установки слід звертати увагу на наступне:

– Вдихання біогазу у значних кількостях протягом тривалого періоду може спричинити отруєння, оскільки сірководень, що міститься в біогазі, є дуже отруйним. Неочищений біогаз має неприємний запах тухлих яєць, але після очистки ніякого запаху не має. Тому всі приміщення з побутовими приладами, які використовують біогаз, слід регулярно провітрювати. Газові труби мають регулярно перевірятися на герметичність і захищеність від пошкоджень. Витік газу слід виявляти за допомогою мильної емульсії або спеціальних приладів. А застосування відкритого вогню для виявлення витоку газу суворо забороняється. Біогаз, змішаний з повітрям в пропорції від 5% до 15% при наявності джерела спалаху з температурою 600'С або вище, може створити вибухонебезпечну суміш. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу у повітрі понад 12%. Тому куріння та розведення вогню поблизу установки заборонені. Під час зварювальних робіт відстань до газового обладнання повинна бути не менше 10 метрів. Після зливу сировини з біогазових установок для проведення ремонту, реактор повинен провітрюватися, щоб уникнути небезпеки вибуху.

– Тиск газу, що постачається по газопроводу до місця споживання, не повинен перевищувати 0,15 МПа (1,5 кг+см^2), а перед газовими приладами має становити не більше 0,13 кг/см^2. Реактор повинен бути обладнаний засувками та гідрозатворами, які можуть відключати його від магістрального скиду у разі перевищення норми, відводячи надлишковий тиск у газову систему.

– Електрообладнання, використовуване в системі, повинно бути заземлене. Опір проводу для заземлення не має перевищувати 4,0 Ом [43].

Під час використання біогазового комплексу виникає санітарна небезпека, зумовлена наявністю сировини. Гноєві стоки містять яйця гельмінтів, бактерії кишкової палички та інші патогени. Запобіжні заходи необхідні для уникнення зараження.

Можливими джерелами небезпеки є потенційні випадки падіння в ємності, падіння зі сходів та ураження струмом від рухомих частин конструкції. Тому важливо забезпечити методи захисту, такі як люки та решітки для отворів,

ізоляційні покриття для деталей, а також встановлення попереджувальних знаків та проведення інструктажів для персоналу [44].

Захист навколишнього середовища включає збереження чистоти повітря, водних ресурсів і захист від шуму. У плані чистоти повітря першочерговою задачею є зменшення викидів запахів, шкідливих речовин і пилу.

Під час будівництва біогазових установок слід дбати про те, щоб їх експлуатація не забруднювала водойми та грунтові води. Використовувані сировинні матеріали, такі як гній, фекальні та силосні рідини, належать до речовин першого класу небезпеки (слабка небезпека). З метою запобігання забрудненню всі майданчики резервуари, трубопроводи й насосні лінії повинні бути водонепроникними. Важливо дотримуватися етапів прийому-передачі сировини та збродженої маси, уникаючи непередбачених виливів матеріалу та забезпечуючи збір забрудненої води.

Джерелами шуму на біогазових установках є транспортні засоби і системи подачі субстрату. Іншим обладнанням, що генерує шум, є обладнання блочної теплоенергетичної станції. Для зменшення шуму, його зазвичай встановлюють у спеціальних звукоізольованих приміщеннях.

ВИСНОВКИ

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) представляють собою ключовий компонент у забезпеченні сталого розвитку та зменшенні впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Було розглянуто різноманітні види ВДЕ, зокрема сонячна, вітрова, гідроенергетика та біомаса, їх переваги та недоліки.

Переваги використання ВДЕ включають низьку екологічну шкідливість, необмежені ресурси, що дозволяють зменшити залежність від вугілля та інших необновлюваних джерел, а також створення нових робочих місць та збільшення енергетичної безпеки. Однак, серед недоліків можна відзначити залежність від погодних умов у деяких видах ВДЕ, високі витрати на впровадження та недосконалість технологій.

До початку повномасштабного вторгнення в Україні спостерігався певний прогрес у розвитку ВДЕ, зокрема в області сонячної та вітрової енергетики. Проте, були і певні перешкоди, такі як відсутність ефективної підтримки з боку держави та недостатня інфраструктура для зберігання та розподілу енергії.

Світовий досвід використання ВДЕ показує, що країни, які активно інвестують у розвиток цих технологій, досягають значного збільшення своєї енергетичної незалежності та зменшують викиди парникових газів. Для України важливо врахувати цей досвід та прийняти ефективні заходи для стимулювання розвитку ВДЕ, що сприятиме забезпеченню енергетичної безпеки та захисту довкілля.

Україна має великі перспективи в сфері відновлювальної енергетики. І серед усіх джерел найперспективнішим, на нашу думку, є біогаз, оскільки його виробництво не має погодних чи географічних обмежень, на відміну від сонячної, водної чи вітряної енергетики. Проте має досить великі джерела сировини, що робить його дуже корисним для нашої країни.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Masnadi, M.S.; Grace, J.R.; Bi, X.T.; Lim, C.J.; Ellis, N. From fossil fuels towards renewables: Inhibitory and catalytic effects on carbon thermochemical conversion during co-gasification of biomass with fossil fuels. Appl. Energy 2015, 140, 196–209.

2. Цілі сталого розвитку. *UNDP*. URL: https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku/gender-equality (дата звернення: 15.04.2024).

3. Качанов Д.О. Сонячна енергія та її використання. Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доп. IV Міжнар. науково-практ. онлайн-конф., м.Київ, 10 лют. 2022 р. / редкол. О.С. Волошкіна та ін. – К.: ІТТА, 2022. – с. 61-63

4. Гусар Н.С. Сутність альтернативних джерел енергії та особливості їх окремих видів торговельно-економічного інституту КНТЕУ. Вінниця: Редакційно-видавничий відділ ВТЕІ КНТЕУ, 2021. Вип.102. 200 с.

5. Нараєвський С.В. Класифікація традиційних та альтернативних джерел і технологій отримання енергії. Економічні науки. Сер.: Економіка та менеджмент (1), 2012, с.255-269

6. Відновлювані джерела енергії в Україні URL: https://home.kpmg/content/dam/kpmg/ua/pdf/2019/09/Renewables-Report_2019-ua.pdf

7. С. В. Глівенко, А. В. Павлик. Збільшення енергобезпеки країни за рахунок відновлювальних джерел енергії: напрямки реалізації Вісник СумДУ. Серія “Економіка”, № 4' 2016

8. Альтернативні джерела енергоресурсів в Українському Причорномор’ї» URL: http://www.niss.gov.ua/articles/288/]

9. Герасімов Є. Г., Герасимов Г. Використання відновлювальних джерел енергії : навч. посіб. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2023. 467 с.

10. Сохацька, О.М. Сучасні тенденції на світовому ринку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії / О.М. Сохацька, Н.Є. Стрельбіцька // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит – 2015. – № 11(93). – С. 38 – 52

11. Альтернативна енергетика: міфи і реальність URL: Режим доступу : http://bio.ukrbio.com/ua/news/12589/

12. Техноекологія: курс лекцій / Укладач: М.В. Сарапіна. – Х.:НУЦЗУ, 2017. 184 с.

13. Підлісна О.А. Альтернативна енергетика України: перспективи застосування відновлювальних енергоресурсів. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://sb-keip.kpi.ua/article/view/47807 .

14. Курс лекцій з дисципліни «Фізико-технологічні основи перетворення сонячної енергії» / укладачі А. С. Опанасюк, О. А. Доброжан. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 182 с.

15. INTERNATIONAL SECURITY IN THE FRAME OF MODERN GLOBAL CHALLENGES 2019: Collection of research papers – Lithuania,Vilnius: MRU, 2019. – 254 p.

16. Russia-Ukraine War: Consequences for the World: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, March 2-3, 2023. FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, 150 p.

17. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Центр Разумкова. URL: https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny#_ftnref25 (дата звернення: 13.05.2024).

18. Кондратенко В.М., Бахрушин В.Є. Втрати потенціалу відновлюваної енергетики в Україні. Інформаційні технології: теорія і практика: Тези доповідей VI-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 2023 р., м. Харків) [Електронний ресурс] / Редкол.: М. В.

Новожилова, І.О. Яковлева, Н.М. Братерська, Г.В. Бакурова, Т.А. Желдак. Електрон. дані. – Харків : ХНУМГ імені О.М.Бекетова, 2023. с.154-159

19. Василина О. Відновлювальна енергетика – запорука безпеки для україни. Організаційно-економічні та соціальні складові розвитку підприємництва: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції, 24 травня 2023 р. Львів: ЛНУП, 2023. с.34-37

20. Казьмірук Д., Салавор О. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 3–7 квітеня 2023 р. – Київ: НУХТ. – Ч.1., с.372

21. Чорній В. Вплив війни на енергетичну систему україни. Вісник Хмельницького національного університету 2022, № 2, Том 2

22. Що залишилося від “зеленої” енергетики в Україні. Економічна правда. URL: https://www.epravda.com.ua/publications/2023/05/24/700431/ (дата звернення: 13.05.2024).

23. Катастрофа року. Як живе Дніпропетровщина після руйнування Каховської ГЕС. Суспільне | Новини. URL: https://suspilne.media/dnipro/648538-katastrofa-roku-ak-zive-pivden-dnipropetrovsini-pisla-rujnuvanna-kahovskoi-ges/ (дата звернення: 13.05.2024).

24. Три масовані атаки росії: які об'єкти електрогенерації потрапили під удар. Слово і Діло. URL: https://www.slovoidilo.ua/2024/04/12/infografika/bezpeka/try-masovani-ataky-rosiyi-yaki-obyekty-elektroheneracziyi-potrapyly-udar (дата звернення: 13.05.2024).

25. Унаслідок ворожої атаки дві ГЕС вийшли з ладу – Укргідроенерго. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3861781-unaslidok-vorozoi-ataki-dvi-ges-vijsli-z-ladu-ukrgidroenergo.html (дата звернення: 13.05.2024).

26. Ukraine defies Russian invasion and advances European energy integration. Atlantic Council. URL: https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/ukraine-defies-russian-invasion-and-advances-european-energy-integration/ (date of access: 13.05.2024).

27. Устенко А., Обельницька Х., Мацірута М., Деделюк О., Жук І. Розвиток сектору ВДЕ в умовах військового стану. Тези доп. Міжнародний науковий форум «Нафтогазова енергетика», м. Івано-Франківськ, 12-14 жовтня 2023 р., с. 283-285

28. Моніторинговий звіт «Україна та Угода про асоціацію: моніторинг виконання 2014 — 2022»

29. Звіт про виконання угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом за 2023 рік

30. Бабина О.М. Світовий досвід розвитку альтернативних джерел енергії. Науково-виробничий журнал Держава та регіони, серія: Економіка та підприємництво, № 6 (111). 2019 р

31. Енергетика Данії: Головне про ЗППЕ та особливості розвитку біоенергетики UABIO URL: https://uabio.org/materials/12037/ (дата звернення: 29.04.2024).

32. Скандинавські країни – лідери з відновлюваної енергетики. Укргідроенерго.URL: https://uhe.gov.ua/media_tsentr/novyny/skandinavski-kraini-lideri-z-vidnovlyuvanoi-energetiki (дата звернення: 29.04.2024).

33. Xihui Haviour Chen, Kienpin Tee, Marwa Elnahass, Rizwan Ahmed Assessing the environmental impacts of renewable energy sources: A case study on air pollution and carbon emissions in China. Journal of Environmental Management 345 p. 2023

34. Гавриляк І. Індія хоче перейти на 50% відновлювальної енергетики вже до 2030 року. Главком. URL: https://glavcom.ua/new_energy/news/indija-khoche-perejti-na-50-vidnovljuvalnoji-enerhetiki-vzhe-do-2030-roku-892670.html (дата звернення: 29.04.2024).

35. Черницька Т., Новосад Ю. Альтернативна енергетика Сполучених Штатів Америки в умовах глобальних викликів. Міжнародна економічна політика. 2018. № 2 (29)

36. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

37. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1803-р "Про затвердження Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року"

38. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с.

39. Біогазові комплекси МХП. URL: https://www.mhp.com.ua/uk/pro-kompaniiu/biogaz-ta-mhp-eko-enerdzi (дата звернення: 25.05.2024).

40. Біогазовий комплекс МХП визнано одним з найкращих у світі. *Latifundist.com*. URL: https://latifundist.com/novosti/58754-biogazovij-kompleks-mhp-viznano-odnim-z-najkrashchim-u-sviti (дата звернення: 25.05.2024).

41. Сірик А.О. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. *SWorldJournal*. Січень 2022. № 11, частина 1. С.46-51

42. Лемешев, М. С., Майданюк А. Д.. Вимоги безпеки під час роботи з установкою для отримання біогазу. Diss. ВНТУ, 2016.

43. БІОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УКРАЇНІ. Встановлення та робота біогазових установок. 2011 URL: http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Budivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf (дата звернення: 25.05. 2024)

44. ЛЮБІН, М. В.; ЦУРКАН, О. В.; ТОКАРЧУК, Д. М. Основи запуску та експлуатаційної біогазових установок для фермерських господарств.Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки, 2012, 10 (1): 69-76