

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра електротехніки і електроенергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Аналіз шляхів розвитку біоенергетики та визначення її ефективності з метою
підвищення енергетичної безпеки
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2м курсу, групи ДЕА-ЕБ23мг-2
спеціальності: 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____/ Іван КОСТЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Ірина ПАНТЄЛЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ Світлана АРТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Юлія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Ігор КИРИСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

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

Навчально – науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Електричні станції, мережі та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Артем ЧЕРНЮК
(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу дипломну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу вищої освіти Івану КОСТЮКУ

1. Тема «Аналіз шляхів розвитку біоенергетики та визначення її ефективності з метою підвищення енергетичної безпеки»

затверджена наказом по академії №4801-5/3345 від «12» 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » 12 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проекту: аналіз шляхів отримання біомаси; види сировини для отримання біогазу та біомаси; параметри електрообладнання для міні заводів; статистичні дані з розвитку біоенергетики в Україні

4. Зміст роботи/проекту (перелік питань, які належить розробити):
ВСТУП; РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ; РОЗДІЛ 2.АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ Й УСТАНОВОК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ БІОПАЛИВО; РОЗДІЛ 3.ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЕНЕРГЕТИКИ.; ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):

Слайди презентації

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання « 12 » _____ 10 _____ 2024 р.

Керівник

(підпис)

Ірина ПАНТЕЛЄЄВА

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

_____ Іван КОСТЮК

(підпис)

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання кваліфікаційної дипломної роботи

№ з/ п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Визначення актуальності теми дослідження	02.10.24 – 05.10.24	
2	Проведення аналізу наукової літератури	06.10.24 – 15.10.24	
3	Виконання першого розділу дипломної роботи	16.10.24 – 29.10.24	
4	Виконання другого та третього розділу дипломної роботи	30.10.24 – 26.11.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	27.11.24 – 07.12.24	

Студент (ка)

(підпис)

Іван КОСТЮК

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Реферат до магістерської роботи з теми «Аналіз шляхів розвитку біоенергетики і визначення її ефективності з метою підвищення енергетичної безпеки», виконаної магістрантом Іваном КОСТЮКОМ

Магістерська робота виконана на ____ сторінок, містить ____ таблиць, ____ рисунків, що характеризують результати дослідження, додатки, використано літературних джерел ____.

Одержання енергії з біомаси (і сільськогосподарських відходів, соломи, гною, органічної частини твердих побутових відходів) є однією з найбільше, що динамічно розвиваються, галузей у багатьох країнах миру. Крім усього іншого, гроші, виплачені енергогенеруючими підприємствами за місцеву сировину, залишаються в регіоні й сприяють його економічному розвитку. Практично всі країни європейського союзу мають технології використання біомаси.

В роботі здійснено огляд сучасних технологій використання біомаси: джерела біомаси й шляхи її використання, аналіз шляхів застосування біоенергетики в країнах Європейського Союзу. Також аналіз пристроїв й установок, що використовують біопаливо: біогазова установка, біоТЕЦ, біопаливні модульні ТЕС і міні-заводи, біоелектростанції.

Зроблено оцінку ефективності біоенергетики: розглянуто схеми фінансової підтримки виробництва біоелектроенергії, ефективність підтримки виробництва біоелектроенергії, прийняті заходи щодо розвитку використання біомаси, механізм підтримки виробництва й використання біоелектроенергії, стан біоенергетики на цей час.

Ключові слова: електроенергія, нетрадиційні джерела енергії, відновлювальні джерела енергії, паливно-енергетичні ресурси, біопаливо

ABSTRACT

on the master's work on the topic "Analysis of ways to develop bioenergy and determine its effectiveness in order to increase energy security", performed by master's student Ivan

KOSTYUK

The master's work is executed on ____ pages, contains ____ tables, ____ drawings, which characterize the results of research, additions, used literary sources____.

Energy from biomass (and from agricultural waste, straw, manure, and solid household waste) is one of the fastest growing industries in the world. Moreover, the money paid by energy-generating enterprises for local raw materials remains in the region and contributes to its economic development. Almost all European Union countries have biomass technologies.

The paper provided an overview of current biomass technologies: sources and uses of biomass, an analysis of how bioenergy can be used in the countries of the European Union. Also analysis of devices and installations using biofuels: biogas plant, bio-CET, biofuel modular TES and mini-plants, bio-electric propagation.

Evaluation of bioenergy efficiency: financial support schemes for bioenergy production, efficiency of support for bioenergy production, measures taken to promote the use of biomass, a mechanism to support the production and use of bioenergy, the state of bioenergy at this time.

Keywords: electricity, non-traditional energy sources, renewable energy sources, fuel and energy resources, biofuels

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ

1.1. Джерела біомаси й шляхи її використання

1.1.1. Переробка й використання деревинних відходів

1.1.2. Одержання й використання біогазу

1.1.3. Біодизельне паливо. Вирощування біомаси для синтезу палива

1.2. Аналіз шляхів застосування біоенергетики в країнах Європейського Союзу

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ Й УСТАНОВОК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ БІОПАЛИВО

2.1. Біогазова установка

2.2. БІОТЕЦ

2.3. Біопаливні модульні ТЕС та міні-заводи

2.4. Біоелектростанції

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЕНЕРГЕТИКИ

3.1. Схеми фінансової підтримки виробництва біоелектроенергії

3.2. Ефективність підтримки виробництва біоелектроенергії

3.3. Прийняті заходи щодо розвитку використання біомаси

3.4. Механізм підтримки виробництва й використання біоелектроенергії

3.5. Стан біоенергетики в цей час

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

ВИСНОВКИ Й РЕКОМЕНДАЦІЇ

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ТЕЦ – теплова електроцентраль

ККД – коефіцієнт корисної дії

БіоТЕС – теплова електрична станція на біопаливі

ЄС – Європейський Союз

ВДЕ-Е – відновлювані джерела енергії для виробництва електроенергії

ПДВ – податок на добавлену вартість

ВСТУП

Актуальність дослідження, присвяченого аналізу шляхів розвитку біоенергетики та визначенню її ефективності, обумовлюється низкою глобальних і локальних чинників, що визначають сучасний розвиток енергетичного сектору та стратегії забезпечення енергетичної безпеки. У світі спостерігається постійне зростання попиту на енергоресурси, яке супроводжується виснаженням традиційних джерел енергії, таких як нафта, газ і вугілля. Це створює необхідність пошуку альтернативних і відновлюваних джерел енергії, здатних забезпечити стабільне енергопостачання, зменшити залежність від імпорту викопного палива та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Біоенергетика, як одна з ключових складових відновлюваної енергетики, пропонує широкий спектр можливостей для вирішення цих завдань. Вона ґрунтується на використанні біомаси, біогазу, твердого і рідкого біопалива, які можуть замінити викопне паливо у виробництві теплової й електричної енергії, а також у транспортному секторі. Особливо важливою є роль біоенергетики у зменшенні викидів парникових газів, що сприяє досягненню цілей сталого розвитку та виконанню міжнародних зобов'язань щодо клімату, таких як Паризька угода [1].

Крім екологічних переваг, біоенергетика має великий соціально-економічний потенціал. Її розвиток сприяє створенню нових робочих місць, особливо у сільській місцевості, оскільки основна частина сировини для біопалива походить із сільськогосподарського сектору. Це також стимулює розвиток місцевої економіки, зменшує залежність від імпорту енергоресурсів і забезпечує раціональне використання побічних продуктів сільського господарства та харчової промисловості.

Необхідно розвертати інтенсивну роботу із промислового й комерційного використання таких джерел й в Україні, хоча цей процес

гальмується незадоволеним станом економіки держави й дефіцитом засобів, хоча ще в 1999 році була розроблена Національна енергетична програма, одним з напрямків якої є: розробка нових технологій, схем і налагодження серійного виробництва встаткування, що використає такі поновлювані джерела.

Для України розвиток біоенергетики є особливо важливим з огляду на її значний потенціал у сфері використання біомаси, зокрема залишків агропромислового комплексу. В умовах енергетичної кризи, проблем сьогодення та необхідності забезпечення енергетичної незалежності країни використання біоенергетики може стати дієвим інструментом для зміцнення національної енергетичної безпеки. Це дозволить диверсифікувати енергетичний баланс, зменшити витрати на закупівлю імпортного палива та підвищити стійкість енергетичної системи до зовнішніх ризиків.

Стратегія розвитку енергокомплексів багатьох країн миру пов'язана з використанням нових (нетрадиційних) і поновлюваних джерел енергії, що є реальним шляхом для успішного рішення проблем енергопостачання й збереження навколишнього середовища. Такі напрямки енергозабезпечення інтенсивно розвиваються й впроваджуються в розвинених країнах світу. За прогнозами фахівців частина поновлюваних джерел енергії у світовому балансі генерування електроенергії може досягти 50 %.

Ресурси біомаси в різних видах є майже у всіх регіонах світу, і майже в кожному з них може бути налагоджена її переробка в енергію й паливо. На сучасному рівні за рахунок тільки біомаси можна перекрити 10 – 18 % від загальної кількості енергетичних потреб промислово розвинених країн.

Таким чином, дослідження, спрямоване на аналіз шляхів розвитку біоенергетики та визначення її ефективності, є надзвичайно актуальним і відповідає сучасним потребам суспільства. Воно дозволяє розробити науково обґрунтовані рекомендації для вдосконалення політики в галузі відновлюваної енергетики, сприяє економічному розвитку та вирішенню

екологічних проблем, одночасно забезпечуючи енергетичну стабільність та безпеку держави.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи: аналіз сучасного стану, тенденцій та перспектив розвитку біоенергетики, оцінка її ефективності з точки зору економічних, екологічних та енергетичних параметрів, а також розробка науково обґрунтованих рекомендацій для оптимізації використання біоенергетичних ресурсів задля підвищення енергетичної безпеки та сталого розвитку.

Об'єкт дослідження: процеси розвитку біоенергетики як складової відновлюваної енергетики, спрямовані на забезпечення енергетичної безпеки та сталого розвитку.

Предмет дослідження: шляхи розвитку біоенергетики, механізми її ефективного впровадження та вплив на енергетичну безпеку й екологічну стійкість.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання:**

Завданнями дослідження є:

- Провести аналіз сучасного стану біоенергетики у світі та в Україні, визначити основні тенденції її розвитку.
- Виявити потенціал використання біоенергетичних ресурсів, зокрема біомаси, біогазу та біопалива, у контексті національної енергетичної стратегії.
- Оцінити економічну, екологічну та енергетичну ефективність біоенергетичних технологій.
- Дослідити вплив розвитку біоенергетики на енергетичну безпеку та екологічну стійкість держави.
- Розробити рекомендації щодо вдосконалення механізмів підтримки й оптимізації використання біоенергетики для забезпечення сталого розвитку та підвищення енергетичної незалежності.

Наукова новизна дослідження: полягає в обґрунтуванні підходів до ефективного розвитку біоенергетики з урахуванням сучасних викликів у сфері енергетичної безпеки та сталого розвитку. У роботі вперше систематизовано вплив біоенергетичних технологій на енергетичну незалежність, екологічну стійкість та соціально-економічний розвиток в умовах інтеграції відновлюваних джерел енергії. Розроблено рекомендації щодо оптимізації використання біоенергетичних ресурсів та вдосконалення механізмів підтримки галузі для максимізації її потенціалу. Дослідження також уточнює економічні та екологічні аспекти впровадження біоенергетики, що дозволяє розширити уявлення про її роль у забезпеченні національної енергетичної стратегії.

Теоретичні результати дослідження: полягають у розробці концептуальних основ розвитку біоенергетики як важливого елемента відновлюваної енергетики, спрямованого на забезпечення енергетичної безпеки. У рамках дослідження визначено ключові тенденції, фактори та принципи, що впливають на ефективність використання біоенергетичних ресурсів. Розроблено науково обґрунтовану методологію оцінки економічної, екологічної та енергетичної ефективності біоенергетичних технологій, а також уточнено їхній вплив на енергетичну незалежність і екологічну стійкість. Отримані теоретичні результати слугують базою для формування стратегій розвитку біоенергетики та її інтеграції в енергетичну систему країни.

Практичні результати дослідження: полягають у розробці рекомендацій щодо оптимізації використання біоенергетичних ресурсів для підвищення енергетичної безпеки та зменшення залежності від викопних палив. Запропоновано підходи до впровадження ефективних механізмів підтримки біоенергетики, зокрема економічних стимулів і правових регуляторів, які сприяють розвитку галузі. На основі проведеного аналізу сформовано практичні рекомендації для удосконалення державної політики у сфері відновлюваної енергетики, орієнтованої на інтеграцію біоенергетичних

технологій у національну енергетичну систему. Отримані результати також можуть бути використані для підвищення ефективності агропромислових підприємств шляхом раціонального використання побічної продукції для виробництва енергії.

Методи дослідження: використано комплекс методів, що забезпечують системний підхід до аналізу розвитку біоенергетики. Теоретичний аналіз дозволив узагальнити сучасні підходи до оцінки ефективності біоенергетичних технологій та визначити основні тенденції їх розвитку. Метод порівняльного аналізу застосовувався для оцінки ефективності біоенергетики в різних регіонах і країнах. Емпіричні методи дали змогу отримати практичні дані про реальний стан використання біоенергетичних ресурсів, а метод експертних оцінок допоміг уточнити перспективи їхнього розвитку та впровадження.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ

1.1. Джерела біомаси й шляхи її використання

Рослинна біомаса, зокрема деревина, є одним з основних поновлюваних ресурсів. За умови раціонального використання ця сировина здатна забезпечити потреби сучасного суспільства як у виробництві промислової продукції (папір, будівельні матеріали, меблі), так і в енергетичних потребах. Щорічні потреби світової енергетики оцінюються в 10 мільярдів тон умовного палива. Приріст рослинної біомаси може цілком задовольнити ці потреби, оскільки щорічно на Землі вирощується близько 60 мільярдів кубічних метрів біомаси, що за енергетичним еквівалентом становить близько 30 мільярдів тон вугілля.

Виробництво енергії з біомаси, зокрема із сільськогосподарських відходів, соломи, гною та органічної частини твердих побутових відходів, є однією з найбільш динамічних та перспективних галузей у багатьох країнах світу. Важливим аспектом є те, що кошти, які енергогенеруючі підприємства сплачують за місцеву сировину, залишаються в регіоні, що позитивно впливає на його економічний розвиток. Більшість країн Європейського Союзу вже володіють технологіями для ефективного використання біомаси.

На рис1.1 приведено виробництво біопалива з деревини.

Наприклад, в Україні щорічно виробляється до 10 мільярдів тон біомаси, загальна енергетична цінність якої еквівалентна близько 5 мільярдам тон умовного палива. Під час різних етапів обробки деревини утворюються деревинні відходи, які складають близько 40 % від початкової сировини. Це означає, що в Україні є достатньо сировини для ефективного використання деревини як джерела енергетичного палива.

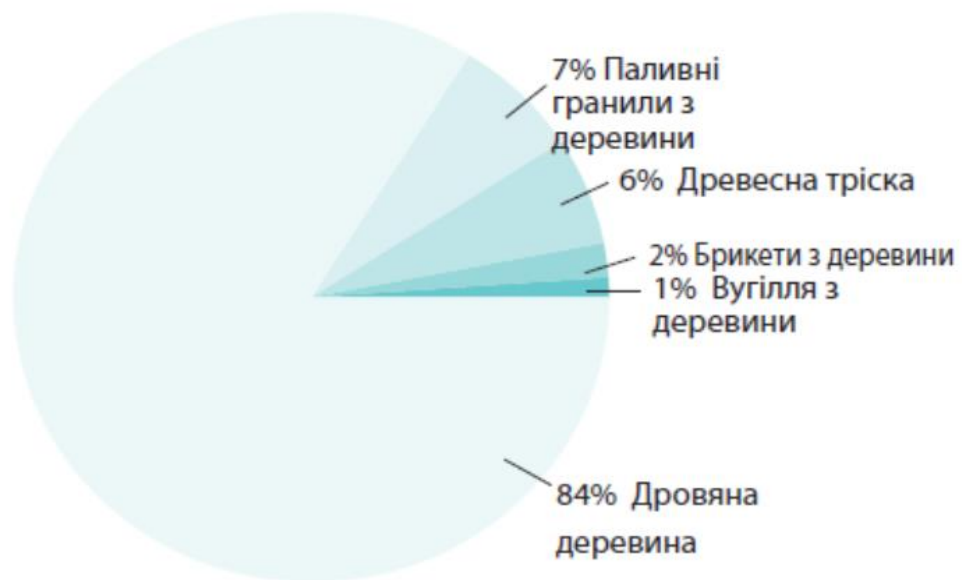


Рисунок 1.1 - Види палива з деревини

Деревинне паливо відноситься до екологічно чистих видів палива, яке має мінімальний вплив на навколишнє середовище. Воно практично не містить сірки, а рівень азоту не перевищує 1 % від маси, що означає, що при його спалюванні утворюється незначна кількість шкідливих окислів азоту та сірки. Перед тим, як детальніше розглянути можливості використання біомаси, важливо визначити основні джерела її отримання.

Виділяють наступні групи джерел біомаси: 1) деревина, деревинні відходи, торф, листи; 2) відходи життєдіяльності людей, включаючи виробничу діяльність (побутові відходи, лігнін та ін.); 3) відходи з виробництва (курячий кал, стебла, бадилля); 4) спеціально вирощувані високоврожайні агрокультури й рослини. Для використання сухої біомаси найбільш ефективні термохімічні технології (спалювання, газифікація, піроліз). Для вологої біомаси - біохімічні технології переробки з одержанням

біогаза (розкладання органічної сировини) або рідких біопалив (зброджування) [3].

1.1.1. Переробка й використання деревинних відходів

Первинна переробка деревинних відходів. У деяких випадках великі відходи можна направляти на переробку як технологічну сировину до інших підприємств. Проте транспортування великих кускових відходів на навіть невеликі відстані є економічно неефективним через значні складнощі з їх зберіганням і вантажно-розвантажувальними роботами. Тому оптимальним варіантом є переробка таких відходів у тріску безпосередньо на місці, після чого її можна направити на спеціалізовані підприємства для подальшого використання як сировини.

Кускові відходи слід переробляти в тріску не тільки для використання як технологічну сировину, а й як паливо для заводів, зокрема при роботі з традиційними котлами. Відходи розміром від 25 до 100 мм (тріска) згоряють найбільш ефективно та швидко. Залежно від призначення та вимог, Тріску поділяють на технологічну та паливну, зокрема для виготовлення технологічної тріски основним обладнанням є рубальні машини.

Брикетування сипучої деревини здійснюється шляхом пресування, як зі сполучними, так і без них, при цьому процес без використання сполучних матеріалів є більш поширеним. Сипуча деревина, яка займає значний обсяг, після брикетування зменшується в кілька разів, стає зручною для транспортування та зберігання. Таке брикетування також підвищує теплотворну здатність обпилювань і стружки, що робить їх більш ефективними як паливо.

Брикети використовуються як для промислового споживання, так і для постачання твердого палива місцевим жителям. У гідролізному виробництві, де застосовуються варочні котли, брикетування обпилювань підвищує їх продуктивність, оскільки замість обпилювань у котли завантажують тирсові

брикети. Для брикетування тріски необхідні більш потужні преси, ніж для обпилювань, тому практично брикетують лише обпилювання. Вологість обпилювань перед брикетуванням повинна бути в межах 8-15 %.

На рис.1.2 для ілюстрації приведено світове виробництво паливних гранул.



Рисунок 1.2 – Світове виробництво паливних гранул

Гранулювання деревних відходів — це процес отримання паливних гранул з різних деревних відходів, що утворюються під час механічної обробки деревини. Основні переваги цього методу включають ефективне використання деревних відходів, виробництво висококалорійного та екологічно чистого палива, підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД), можливість впровадження механізованих та автоматизованих систем у топкових установках завдяки використанню гранул, а також поліпшення стабільності процесів горіння.

Процес гранулювання деревних відходів складається з кількох етапів: збору відходів, їх подрібнення, сушіння та безпосереднього гранулювання. Гранулювання полягає у обробці сухої дрібнодисперсної сипучої сировини за

допомогою вологи, температури і тиску. Для гранулювання можуть використовуватися сільськогосподарські гранулятори як основне обладнання.

Пряме спалювання деревини є популярним методом енергозабезпечення на побутовому рівні. Технології, що використовують деревинні відходи для енергетичних потреб, постійно вдосконалюються. Одним із найбільш поширених рішень є переведення котелень з використання рідкого палива або вугілля на деревинні відходи. Це вимагає модернізації топкових систем та створення необхідної інфраструктури для зберігання і підготовки палива. Наразі на ринку з'являються спеціалізовані котельні для спалювання деревинних відходів великого розміру, спроектовані за новітніми технологіями, що забезпечують високий коефіцієнт корисної дії.

Існує два основних способи використання деревини як палива: одно стадійне пряме спалювання в шарових топках на колосникових ґратах та двох стадійне спалювання. Останнє передбачає попереднє перетворення твердого дерева на газове паливо, яке потім спалюється в різних установках, таких як камерні топки, парові та водогрійні котли, хімічні печі, двигуни внутрішнього згоряння, а також у побутових печах і газових плитах. Газове паливо має значно ширші можливості для використання, воно технологічно простіше в автоматизації, має менший вплив на забруднення навколишнього середовища.

Для прикладу: згідно з оглядом Енергетичного Агенства Данії, в 2011 м деревина покривала 28 % загального виробництва енергії з поновлюваних джерел й еквівалентністю 500 тис. т. нафти [4].

З існуючих у Данії 80 тисяч малих котлів для твердого палива приблизно 70 тисяч спалюють дрова, деревинну тріску або деревинні гранули.

Необхідно розрізняти два типи котлів, що працюють на деревному паливі: котли, що обслуговуються вручну, та автоматичні котли, які використовують деревинну тріску або гранули. Котли, що обслуговуються

вручну, повинні бути оснащені накопичувальним баком для зберігання теплової енергії, отриманої від одного завантаження палива (повного завантаження). Автоматичні котли, в свою чергу, потребують контейнера для деревних гранул або тріски, а шнековий живильник подає паливо в котел відповідно до теплових потреб конкретного будинку.

Централізовані котельні також можуть постачати тепло в тепломережу, до якої можуть підключатися всі споживачі в певному районі. Використання лісової тріски в таких котельнях значно зросло за останні 20 років. Якщо в 1984 році в Данії було лише три котельні, що спалювали деревинну тріску, то наразі їх кількість збільшилася до близько 100. Споживання лісової тріски за цей період зросло до 725 тис. м³ на рік, що еквівалентно 1800 тДж енергії.

Котельні, що працюють на деревинній трісці, створюються для заміни котелень, що використовують мазут чи вугілля, приєднаних до наявних тепломереж, або як нові котельні та тепломережі в рамках так званих "урбанізаційних" проектів. У Данії котли для спалювання деревинної тріски проєктуються для виробництва тепла в межах потужності від 1 до 10 МВт, з середнім значенням близько 3,5 МВт.

У наявних та проєктованих котельнях застосовуються системи конденсації димових газів, що дозволяє очищати димові гази від часток до рівня, подібного до ефективності фільтрів з тканини, при цьому підвищуючи коефіцієнт корисної дії котельні. Більшість централізованих котелень Данії, які спалюють деревинну тріску, обладнані такими системами. Зола, що утворюється при спалюванні, містить негорючі компоненти, включаючи ряд корисних речовин, таких як калій, магній та фосфор. Тому зола може бути використана як добриво в лісах, за умови, що концентрація небезпечних для навколишнього середовища речовин не перевищує допустимі норми.

Деревину також можна використовувати для енергетичних потреб на електростанціях. Наприклад, у Мобйєрге, поблизу Хольстебро, побудована ТЕЦ, що працює на твердих побутових відходах (ТПВ), соломі, деревинній трісці та природному газі. Комбіноване використання поновлюваних і

викопних видів палива дозволяє підвищити загальну енергетичну потужність станції, мінімізуючи витрати природного газу. Електрична потужність станції становить 30 МВт, а теплова — 67 МДж/с. Система оснащена накопичувальним баком для тепломереж об'ємом близько 5000 м³, а тепло постачається в тепломережі міст Хольстебро та Стрюер (рис.1.3).



Рисунок 1.3 – Міні-ТЕЦ на пелетах з деревини

Щорічна витрата палива становить 120 тис. т. соломи й 30 тис. т. деревинної тріски, що еквівалентно потужності 95,2 МДж/с. Теплова потужність котла на біопаливі становить 88 МВт, з яких 39,7 МВт становить вироблена електроенергія (приблизно 6,6% загальної електричної потужності, виробленої блоком 3). Таким чином, котел для біомаси значно більше аналогічних котлів на децентралізованих ТЕЦ. ККД вироблення електроенергії становить приблизно 41 % [5].

1.1.2. Одержання й використання біогазу

У секторі нетрадиційної енергетики важливе значення має переробка біомаси (органічних сільськогосподарських і побутових відходів) за допомогою метанового шумування, що дозволяє отримувати біогаз, в якому міститься близько 70% метану, а також очищені органічні добрива. Ефективне використання біомаси є критично важливим для сільського

господарства, де значна частина палива йде на технологічні потреби, а також постійно зростає попит на якісні добрива. На сьогодні в світі розробляється або застосовується близько 60 різних біогазових технологій.

Біогаз — це газова суміш, яка складається в основному з метану і вуглекислого газу, що утворюється внаслідок анаеробного бродіння в спеціальних реакторах-метантенках. Ці системи налаштовані для максимального виділення метану. Енергія, отримана при спалюванні біогазу, може становити від 60 до 90 % енергії вихідного матеріалу. Крім того, важливою перевагою процесу переробки біомаси є те, що в результаті утворюються відходи, які містять набагато менше патогенних мікроорганізмів порівняно з початковим матеріалом.

Виробництво біогазу є економічно вигідним і доцільним, особливо при обробці постійного потоку відходів, таких як стоки з тваринницьких ферм, боєнь, рослинні відходи тощо. Економічність цього процесу полягає в тому, що немає потреби в попередньому зборі відходів чи організації їх подачі, адже відомо, коли і в яких обсягах ці відходи будуть доступні.

Виробництво біогазу можливе в установках різних масштабів, і особливо ефективно воно на агропромислових підприємствах, де можливо організувати замкнутий екологічний цикл. Біогаз може бути використаний для освітлення, опалення, приготування їжі, а також для живлення механізмів, транспорту та електричних генераторів.

Згідно з підрахунками, річна потреба в біогазі для обігріву житлового будинку становить приблизно 45 м³ на 1 м² житлової площі. Для підігріву води для 100 голів великої рогатої худоби добове споживання складає 5-6 м³. При сушінні сіна з вологістю 40 % для 1 тони сіна потрібно 100 м³ біогазу, для 1 тони зерна — 15 м³. Для виробництва 1 кВт·год електроенергії необхідно 0,7-0,8 м³ біогазу.

Далі розглянемо методи отримання біогазу.

1. Газифікація біомаси з наступним спрацьовуванням у газових турбінах. Попередні розрахунки, проведені в Принстонському університеті,

показують, що турбогенератори, які працюють на продуктах газифікації біомаси, здатні ефективно конкурувати з традиційними тепловими, ядерними та гідроелектричними установками. Перспективними напрямками їхнього застосування в найближчому майбутньому є галузі економіки, де накопичуються значні обсяги біомаси, такі як цукрові та винокурні заводи, що обробляють цукровий очерет. Наприклад, у Бразилії використання біомаси з винокурних підприємств дозволяє отримати таку кількість електроенергії, що її продаж робить спирт дешевшим за нафту. Тільки з цукрового очерету можна виробляти 50 % енергії, що зараз генерується всіма джерелами в 80 країнах, що розвиваються, де вирощують цю культуру.

2. Пироліз біомаси являє собою процес термічного розкладання органічних сполук без доступу кисню й відбувається при відносно низьких температурах (500 – 800 °C) у порівнянні із процесами газифікації (800 – 1300 °C) і горіння (900 – 2000 °C). Первинними продуктами пироліза можуть бути рідина, тверда вуглецева речовина і гази залежно від виду й параметрів процесу пироліза, вторинними - енергія, паливо й хімічні продукти. Вихід газоподібного палива може доходити до 70 % маси сухої сировини при високотемпературному швидкому пиролізі. Склад газу залежить від сировини й параметрів процесу.

Продукти піролізу містять сотні різноманітних хімічних сполук. Зростаюча увага приділяється регенерації окремих хімічних речовин, наприклад, поліфенолів, з цих продуктів. Вища цінність окремих хімічних сполук порівняно з паливом може зробити їх екстракцію вигідною навіть при низьких концентраціях. Комплексний підхід до отримання як хімічних продуктів, так і палива відкриває великі перспективи для розвитку цієї галузі.

3. Анаеробне бродіння — це процес розкладу органічних сполук за відсутності кисню. На першому етапі складні органічні полімери, такі як клітковина, білки та жири, під впливом різноманітних анаеробних бактерій розщеплюються на простіші сполуки: летючі жирні кислоти, спирти, водень, вуглекислий газ, оцтову та мурашину кислоти, а також метиловий спирт. На

другому етапі метаногенні бактерії перетворюють органічні кислоти в метан, вуглекислий газ та воду.

Для нормального протікання процесу анаеробного збражування необхідні оптимальні умови в реакторі: температура, анаеробні умови, достатня концентрація живильних речовин, припустимий діапазон значень рН, відсутність або низька концентрація токсичних речовин.

Залишки, що утворюються в процесі виробництва біогазу, містять велику кількість поживних речовин і можуть бути використані як органічне добриво. При анаеробному бродінні розкладається близько 70 % органічних сполук, а 30 % залишається в залишку. Цей метод є особливо ефективним для переробки відходів тваринництва з точки зору гігієни та охорони навколишнього середовища, оскільки забезпечує найкраще знезараження залишків і видалення патогенних мікроорганізмів. Рідка частина гною після анаеробної обробки зазвичай відповідає стандартам, які встановлюють органи охорони природи для якості стічних вод.

В Україні на великих свинарських та птахівницьких підприємствах щорічно утворюється понад 3 млн тон органічних відходів у сухій речовині. Їхня переробка може призвести до отримання близько 1 млн тон умовного пального у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд кВт·год електричної енергії. Крім того, в Україні налічується близько 2 млн домогосподарств, що не мають газифікації.

Досвід країн, що не мають доступу до природного газу, таких як Китай, демонструє доцільність газифікації віддалених сільських територій за допомогою малих біогазових установок, які працюють на органічних відходах з домогосподарств. Наприклад, впровадження 2 млн таких установок в Україні дозволило б виробляти близько 2 млрд м³ біогазу щороку, що еквівалентно 13 млрд кВт·год енергії, а також забезпечити сімейні господарства органічними добривами в обсязі 10 млн тон на рік.

1.1.3. Біодизельне паливо. Вирощування біомаси для синтезу палива

Біодизель — це екологічно чисте паливо для дизельних двигунів, яке отримують шляхом хімічної обробки рослинних олій або тваринних жирів. Він може використовуватися як добавка до дизельного палива або повністю замінювати його. Дослідження показали, що біодизель не завдає шкоди рослинам і тваринам при потраплянні у воду. Крім того, він швидко розкладається в природних умовах: мікроорганізми за 28 днів переробляють до 99% біодизелю у ґрунті або воді, що знижує забруднення річок та озер. Виробництво біодизеля також сприяє використанню невикористовуваних сільськогосподарських земель, створенню нових робочих місць у сільському господарстві, машинобудуванні та будівництві.

У Бразилії була розроблена програма, яка передбачає використання етанолу як альтернативного палива, що заміняє до 22 % бензину за обсягом. Етанол отримують шляхом переробки спеціально вирощуваного очерету. Більше 7 % бензину, що продається в країні, містить 10 % етанолу, і 80 % автомобільного парку використовують це паливо з добавкою. У США також реалізується масштабна програма заміни бензину етанолом, який отримують із надлишків кукурудзи та інших зернових культур. Спирт як паливо знайшов підтримку і в ряді європейських країн, зокрема у Франції та Швеції.

В Україні питання заміни бензину спиртом поки не розглядалося. Однак активно вивчається можливість вирощування рапсу в районах, заражених радіоактивними елементами, для отримання рапсової олії, яку можна використовувати як паливо для дизельних двигунів. Цю ідею зараз розробляють фахівці з України та Німеччини.

Для створення плантацій енергетичних лісів у помірному кліматі найбільш перспективними видами є швидкорослі сорти тополі та верби, а на півдні країни — акація та евкالیпт.

Принцип комбінованих посівів та посадок різних культур на одній ділянці широко відомий у тропічних регіонах, де так звані "городи" дозволяють отримувати урожаї різних культур протягом кількох років поспіль без використання добрив та пестицидів. Різні варіанти комбінованих посівів, у тому числі з енергетичними культурами, вже були випробувані в одному з графств Великобританії.

Приклад комбінованого використання енергетичних лісів відомий у Греції, де на плантаціях шовковиці вигодовують шовковичного хробака. Узимку річний приріст галузей обрізають і використовують як біомасу.

Наразі вивчаються різні схеми використання енергетичних лісів з короткими сівозмінами. Енергетична віддача таких плантацій (відношення енергії, що отримується від системи, до енергетичних витрат на її створення та експлуатацію, включаючи всі непрямі витрати) коливається між трьома та чотирма, що є цілком прийнятним показником, зважаючи на те, що енергетична віддача для теплових станцій, що працюють на вугіллі, становить чотири-п'ять одиниць.

Крім того, також варто розглянути можливість вирощування та переробки водоростей.

Спеціальне вирощування біомаси у вигляді мікроскопічних водоростей, з подальшим її перетворенням на спирт або метан, дає змогу створити штучний аналог процесу утворення органічних палив, який значно перевищує природні процеси за швидкістю — в мільйони разів. Співвідношення між обсягом первинної біологічної продукції та кількістю речовини, що похована та збережена в морських осадах, становить 1000:1.

Створення спеціальних умов може значно прискорити процес утворення палива. Завдяки оптимізації живлення біогенними елементами, контролю температури та перемішування, ефективність фотосинтезу може бути збільшена з 1,1 до 10 відсотків. У процес переробки біомаси в газ і нафту можна включити всю речовину, а не лише її мізерну частину, як це

відбувається в природних умовах. Це дозволяє значно інтенсифікувати природний процес утворення вуглеводнів.

Використання деревини, біогазу та біопалива є важливими напрямками для забезпечення сталого енергопостачання та зменшення залежності від традиційних викопних ресурсів. Деревина як відновлюваний ресурс може бути використана для виробництва енергії та біопалива, що допомагає скоротити викиди парникових газів. Біогаз, одержуваний шляхом анаеробного зброджування органічних відходів, є ефективним джерелом енергії, що також дозволяє утилізувати відходи і зменшити забруднення навколишнього середовища. Біопаливо, зокрема біодизель та етанол, виготовлене з рослинної сировини, може стати альтернативою традиційним видам палива, знижуючи екологічний вплив і сприяючи розвитку аграрних та енергетичних секторів. Всі ці технології відкривають нові можливості для сталого розвитку і енергетичної безпеки.

1.2. Аналіз шляхів застосування біоенергетики в країнах Європейського Союзу (ЄС)

У цьому розділі розглянуто приклади конкретних механізмів підтримки розвитку біоенергетики в трьох країнах ЄС, які є лідерами з виробництва біологічної електроенергії: Німеччині, Фінляндії та Швеції. Фінляндія та Швеція, які активно підтримують виробництво енергії з біомаси вже кілька десятиліть, займають провідні позиції у світовому виробництві біоенергії. В Німеччині, після прийняття закону про поновлювані джерела енергії в березні 2010 року, також відзначається значне зростання виробництва біоелектроенергії.

Основні системи підтримки виробництва біоелектроенергії в Німеччині, Фінляндії та Швеції мають суттєві відмінності. У Німеччині застосовуються високі компенсаційні тарифи на біоелектроенергію, які можуть досягати до 21,5 Євро/кВт в залежності від типу сировини, технології

та методів встановлення цін на вироблену теплоту. У Фінляндії для стимулювання виробництва біоелектроенергії введено пільговий енергетичний податок у поєднанні з підтримкою постачань біопалива. У Швеції ж підтримка біоенергетики здійснюється через високі енергетичні податки та систему обов'язкових квот і зелених сертифікатів [7].

У всіх трьох країнах системи підтримки виробництва біоелектроенергії доповнюються інвестиційними субсидіями, підтримкою НІОКР у сфері біоенергетики, реалізацією інформаційних програм тощо.

Німеччина.

В 2010 р. сектор біоелектроенергії Німеччини включав 1271 зареєстрованих енергетичних установок загальною потужністю близько 700 МВт, які робили 2,4 ТВтч біоелектроенергії. У період з 2010 р. спостерігався ріст темпів виробництва біоелектроенергії. До кінця 2014 р. у країні налічувалося 2280 установок, що працюють на біомасі, 110 електростанцій і ТЕЦ, що працюють на твердому біопаливі (біомасі) загальною електричною потужністю близько 810 МВт, 2100 установок на біогазі (247 МВт) і 150 енергетичних установок систем централізованого теплопостачання (12 МВт) на рослинному паливному маслі. Загальна електрична потужність всіх біоенергетичних установок становила приблизно 9,4 ТВтг. В 2014 р. частка теплоти й електроенергії, зроблених з біомаси, склала, відповідно, 93 % й 17 % загального обсягу теплоти й електроенергії, зроблених з поновлюваних джерел енергії.

На рис. 1.4. наведена динаміка використання біоенергії в Німеччині.

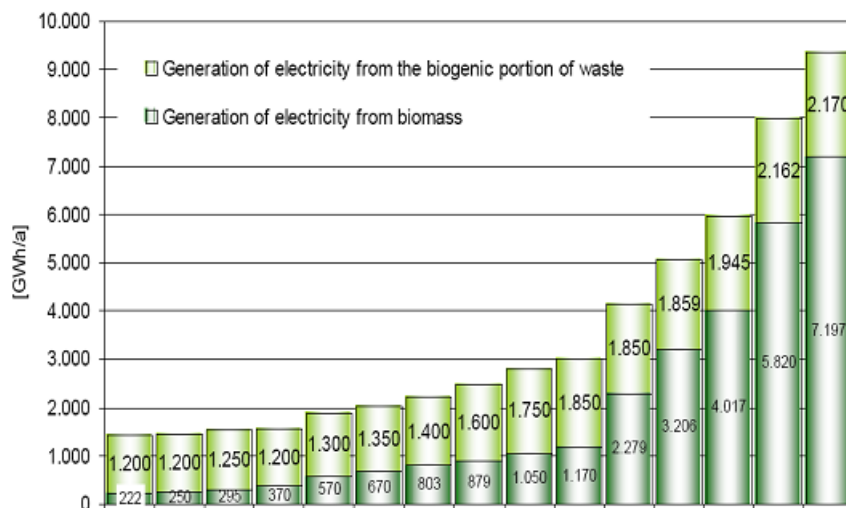


Рисунок 1.4 - Розвиток використання біоенергії в Німеччині, 2000-2024р.

Значний ріст числа енергетичних установок, особливо, установок потужністю 20МВт став можливим завдяки тісному зв'язку між енергетичною політикою, програмами охорони клімату й економічних стимулів. Основні міри енергетичної політики включають:

а) Підтримку виробництва, відповідно до акту про поновлювані джерела енергії (EEG), прийнятим у березні 2020 р., що розвиває положення закону про встановлення компенсаційних тарифів (StrEG) (1991 р.). Акт EEG гарантує виробникові поновлюваної електроенергії придбання електроенергії по фіксованому компенсаційному тарифі й зобов'язує операторів енергетичної мережі здобувати електроенергію, зроблену з ВДЕ установками, що відповідають вимогам EEG.

Згідно з внесеними змінами, було підвищено компенсаційні тарифи, зокрема для електроенергії, що виробляється енергетичними установками малої потужності. У червні 2021 року було прийнято "Постанову про використання біомаси" ("Biomasse Verordnung"), в якій уточнено визначення біомаси та санкціонованих процесів. Останні коригування до цього документа були внесені в серпні 2015 року після публікації нових регламентів ЄС. Види біомаси, що відповідають встановленим вимогам, включають деревину, спеціально вирощувані енергетичні культури,

біовідходи, гній та інші матеріали рослинного й тваринного походження. Реформа екологічного законодавства, проведена у 2000 році за ініціативою міністерства, передбачає поетапне збільшення цін на викопні види палива.

б) Інвестиційна підтримка й пільгові кредити, надавані за допомогою виділення низькопроцентних позик такими установами, як Kreditanstalt für Wiederaufbau (Кредитний інститут реформ) і Deutschen Ausgleichsbank (Банк федеральної служби й спеціальний банк для підприємців МСК (малих і середніх компаній), пропонуються в рамках реалізації програми стимулювання ринку з 2000 р. Ці міри істотно поліпшили загальні умови використання біомаси. Передбачається надання обмежених грантів різними федеральними й регіональними установами.

в) Заходи щодо виходу на ринок, включаючи кредитні гарантії, реалізовані через регіональні структури, дозволили в 2019 р. одержати фінансову підтримку в розмірі приблизно 39,1 мільйонів євро, і фінансова підтримка, надана на федеральному рівні, склала приблизно 91,5 мільйонів євро. ЄС фінансує приблизно 35 % вартості реалізації затверджених проєктів.

Фінляндія.

У Фінляндії великі лісові масиви, що займають площу 24,4 мільйона гектарів, є важливим джерелом біомаси, зокрема у вигляді відходів та побічних продуктів лісової та целюлозно-паперової промисловості. Лісові ресурси, які доступні на місцевому рівні, активно використовуються цими промисловими секторами як паливо. Біомаса є основним джерелом поновлюваної енергії у країні. У 2014 році загальний обсяг використання поновлюваних джерел енергії склав 103,4 ГВт·год, що становить 25% від загального обсягу енергоспоживання.

У таблиці 1.1. наведений обсяг використання ВДЕ за останні 10 років.

Таблиця 1.1 – Обсяг використання ВДЕ

1	Гідроенергія 14,4%, 53 514 ГДж
2	Тверде паливо з біомаси, отримане в результаті процесу утилізації 1,0%, (3 811 ГДж)

3	Біогаз 0,3%, 1 108 ГДж
4	Теплові насоси 1,5%, 5 540 ГДж
5	Інші види біоенергії 0,2%, 776 ГДж
6	Вітрова енергія 0,1%, 433 ГДж
7	Сонячна енергія 0,0%, 27 ГДж
8	Водень 0,3%, 1,009 ГДж
9	Побутове використання деревного палива 15,8%, 48,5
10	Промислові деревинні відходи й побічні продукти 32,8%, 100,5 ГДж
11	Чорний луг 51,3%, 157,1 ГДж
12	Деревинне паливо 82,2%, 306 023 ГДж (85,0 ГВтч)

Встановлена потужність установок, що генерують електроенергію, яка становить 1300 МВт (близько 8,1 % від загальної потужності), вказує на ефективне використання доступних ресурсів для виробництва біоенергії. Близько 50 % населення Фінляндії підключене до централізованих систем теплопостачання, які включають установки, що використовують спільне спалювання біомаси. Багато з цих установок забезпечують не лише теплом, а й значною частиною електроенергії для місцевих громад.

Високі показники виробництва біоелектроенергії також є результатом ефективної багаторічної політики уряду Фінляндії, який продемонстрував політичну волю для зміцнення національної енергетичної безпеки, розвитку сектора відновлюваних джерел енергії та виконання зобов'язань за Кіотським протоколом. Це дозволило вжити низку заходів для забезпечення підтримки громадськості, зокрема:

а) Національний план. Про наявність політичної волі, спрямованої на підтримку виробництва біоелектроенергії на вищому рівні, свідчить реалізація прийнятої в 1999 р. національної стратегічної програми розвитку використання біомаси.

б) Фінансові стимули. Фінляндія має досвід введення податків, що стимулюють розвиток споживання біоенергії. Був уведений податок на викиди при спалюванні викопних видів палива. У 2000 р. замість нього був уведений комбінований податок, що об'єднав податок на викиди й

енергетичний податок, сума, якого визначалася змістом вуглецю в паливі, від якого були звільнені джерела поновлюваної енергії. Рівень оподаткування викопних видів палива, використовуваних для виробництва теплоти, становить 18 євро/тонна. У той же час були введені заходи щодо підтримки виробництва (шляхом повернення податків) електроенергії, виробленої з поновлюваних джерел енергії.

в) Підтримка поставок палива. Передбачаються субсидії на здійснення заготівлі енергетичної деревини з молодих древостой.

г) Інвестиційні гранти. Виділяються на реалізацію проектів будівництва казанових установок на фермах (6,3 мільйонів євро в рік у період з 2015 р. по 2025 р.) і випуск на ринок нових технологій, а також реалізацію проектів по зниженню рівня викидів C_2 (31 мільйонів євро на ВДЕ). Інвестиційні гранти можуть використатися для часткового фінансування (до 40%) інвестицій, виділених на будівництво й експлуатацію котельних установок й електростанцій, що працюють на біопаливі.

Забезпечується підтримка реалізації демонстраційних проектів, що спрямовані на розробку нових технологій і систем, а також на впровадження нових технологій у поєднанні з дослідженнями та розробками. Така діяльність сприяла розвитку промисловості, орієнтованої як на внутрішній, так і на експортний ринки, зокрема в галузі технологій спалювання палива та контролю за рівнями викидів.

У Фінляндії активно розвивається виробництво основного та допоміжного лісозаготівельного обладнання. Одним із прикладів є програма агентства Текес, яка з 1999 по 2023 рік сприяла розвитку технологій енергетичного використання деревини. За цей період агентство інвестувало 11,5 мільйона євро з загальної суми інвестицій у 35 мільйонів євро. Програма передбачала зниження вартості поставок деревинної тріски завдяки впровадженню спеціалізованих технологій транспортування деревини у

вигляді пресованих тюків та здрібнювання деревини безпосередньо на підприємствах, таких як енергетичні установки.

Основною метою програми було п'ятикратне збільшення обсягу поставок деревини для виробництва тріски на енергетичній установці й підвищення якості тріски

д) Інформаційна програма. У Фінляндії існує кілька механізмів інформаційної підтримки та освіти, включаючи регіональні агентства з енергетичних питань. Ці агентства, що працюють на місцевому рівні, сприяють збільшенню використання відновлюваних джерел енергії, забезпеченню ефективного використання енергії та підвищенню енергоефективності. Вони досягають цього шляхом впровадження новітніх енергозберігаючих технологій, а також сприяють обміну досвідом і технологіями.

Швеція.

Річний обсяг споживання біоенергії у Швеції менш чим за тридцять років збільшився з 4 ТВтг до 100 ТВтг. У цей час частка біоенергії в загальному обсязі поставляємої енергії становить 17 %. Основними споживачами є целюлозно-паперові підприємства, установи систем централізованого теплопостачання, індивідуальні будинки й електроенергетичні установи.

Успіх розвитку біоенергетики в Швеції зумовлений кількома ключовими факторами, серед яких введення податків на CO₂, активне використання чорного лугу на целюлозно-паперових підприємствах і розбудова систем централізованого теплопостачання в більшості міст. Наразі більше половини тепла, що постачається через централізовані мережі, виробляється з біомаси. З початку 2000-х років споживання деревного палива збільшилось більш ніж у чотири рази.

Розвитку біоенергетики в Швеції сприяли кілька ключових чинників, таких як холодний клімат, наявність великих лісових ресурсів і численні підприємства, що використовують деревину як сировину, а також реалізація

програми відмови від ядерної енергетики. У 2022 році близько 24 із 150 установок комбінованого виробництва тепла й електроенергії в системах централізованого теплопостачання, що виробляли біоелектроенергію, мали загальну потужність 1508 МВт, що становить близько 6,6% від загальної потужності електричних станцій країни.

Ключовими політичними цілями, які можуть сприяти зростанню виробництва біоелектроенергії в майбутньому, є:

- поступова відмова від використання ядерної енергії;
- досягнення національних цілей щодо розвитку поновлюваних джерел енергії, встановлених на рівні 60% до 2025 року.

У Швеції також планується реалізація програми, яка передбачає заміну традиційних електричних систем опалення в житлових будинках на установки комбінованого виробництва тепла й електричної енергії або на системи централізованого теплопостачання, здебільшого на основі ТЕЦ, що працюють на біомасі або природному газі.

У Швеції біомаса є широко використовуваним і загальноприйнятим паливом. Фермери та лісозаготівельні компанії займаються її заготовкою, що дозволяє отримувати додатковий прибуток, а підприємства, які використовують деревинну сировину, наприклад лісопильні, мають можливості для збуту деревних відходів. Окрім цього, високий рівень екологічної свідомості серед населення, зокрема щодо заміни традиційних видів палива на альтернативні джерела енергії, робить біомасу в Швеції популярним та прийнятним варіантом палива.

На рисунках 1.4; 1.5 приведені показники виробництва біометану та біогазу у європейських країнах у 2021 році.

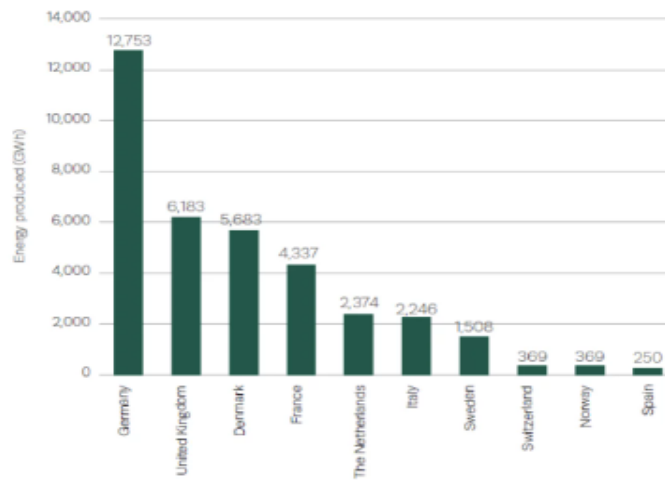


Рисунок 1.4 – Виробництво біометану у 2021 р. у ТОП-10 європейських країнах

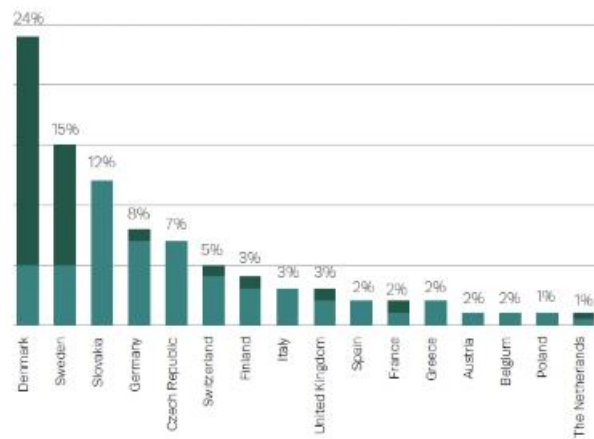


Рисунок 1.5 – Виробництво біометану та біогазу відносно реального споживання газу у 2021 році

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1:

Використання деревини, біогазу та біопалива є важливими напрямками для забезпечення сталого енергопостачання та зменшення залежності від традиційних викопних ресурсів. Деревина як відновлюваний ресурс може бути використана для виробництва енергії та біопалива, що допомагає скоротити викиди парникових газів.

Біопаливо, зокрема біодизель та етанол, виготовлене з рослинної сировини, може стати альтернативою традиційним видам палива, знижуючи екологічний вплив і сприяючи розвитку аграрних та енергетичних секторів. Всі ці технології відкривають нові можливості для сталого розвитку і енергетичної безпеки.

Розвиток біоенергетики в Німеччині, Фінляндії та Швеції демонструє успішні приклади інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи цих країн. Німеччина активно підтримує виробництво біоенергетики через високі компенсаційні тарифи, що стимулює розвиток сектору.

Фінляндія використовує свої лісові ресурси для виробництва біоенергії, а також підтримує інновації в галузі лісозаготівель та енергетичних технологій.

Швеція, завдяки своїм великим лісовим масивам та політиці щодо скорочення ядерної енергетики, значно збільшила використання біомаси, що стало важливим елементом у системах централізованого теплопостачання.

Загалом, ці країни показали ефективність політик, орієнтованих на зменшення залежності від викопних видів палива та збільшення частки відновлюваних джерел енергії, що також сприяло економічному розвитку, створенню нових робочих місць та покращенню екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ Й УСТАНОВОК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ БІОПАЛИВО

2.1. Біогазова установка

Ринки відновлюваної енергії активно розвиваються. Біогазові установки стали невід'ємною частиною сучасних безвідходних технологій у сільському господарстві та харчовій промисловості. Наявність відходів цих галузей на підприємстві відкриває можливості не лише суттєво зменшити витрати на енергоносії, але й підвищити загальну ефективність діяльності, отримуючи додатковий дохід.

Розглянемо як приклад установку, розроблену в Німеччині, загальний вид якої наведений на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 - Загальний від біоустановки (Німеччина)

Конструкція базується на принципі модульності, що дає змогу за потреби збільшувати продуктивність установки. Потужність таких систем варіюється від 300 кВт до 5–20 МВт [10].

Основною сировиною для виробництва біогазу є рідкий і твердий гній від великої рогатої худоби, свиней та домашньої птиці, що є ключовими компонентами для роботи біогазових установок у сільській місцевості. До них додають інші органічні матеріали, такі як залишки харчової

промисловості або біологічні відходи. Крім того, широко використовуються спеціально вирощені енергетичні культури, зокрема зернові, трави, кукурудза та соняшник, які допомагають підвищити вміст біогазу. Також ефективно застосовуються силос, цукрові буряки тощо.

Так звані енергетичні культури можна вирощувати навіть на землях, призначених для відновлення, що дозволяє ефективно використовувати площі, які тимчасово не задіяні в основному сільськогосподарському виробництві. Окрім цього, для виробництва біогазу активно використовуються несільськогосподарські субстрати, такі як вижимки, барда, жиромісткі обрізки. Сировинною базою також стають залишки овочів і фруктів із великих ринків, харчові відходи, залишки кормів і біологічне сміття, яке збирається комунальними службами.

Такий підхід сприяє зменшенню обсягів відходів, розв'язанню екологічних проблем і створює замкнений цикл використання ресурсів. Виробництво біогазу з широкого спектра органічної сировини дозволяє не лише підвищити енергетичну незалежність, а й стимулювати розвиток «зеленої» економіки та сталого сільського господарства.

З тони гною великої рогатої худоби виходить 30 - 50 м³ біогазу зі змістом метану 60 %; з різних видів рослин – 150 - 500 м³ зі змістом метану 87 %, а з 1 м³ біогазу можна виробити 2 кВт електроенергії.

2.2. БІОТЕЦ

За прогнозами Інституту Енергетичних Досліджень, з урахуванням прогнозів Міністерства економіки, вартість виробництва енергії з біомаси (за технологією «киплячого шару») буде в 1,5–2 рази нижчою, ніж вартість енергії, отриманої з традиційних вуглеводнів [12]. До того ж, капітальні витрати на одиницю встановленої потужності залишаються відносно невисокими й становлять приблизно 400–500 доларів США за 1 кВт.

При будівництві БіоТЕЦ одним і найважливіших умов вибору місця будівництва є наявність у передбачуваному районі розміщення об'єкта місцевого джерела палива (торфу).

Будівництво БіоТЕЦ на торфі має вагоме економічне та екологічне обґрунтування, особливо в регіонах з великими запасами торфу. Торф є місцевим і доступним ресурсом, що дозволяє зменшити залежність від імпортованих енергоресурсів, таких як природний газ чи вугілля. Його використання сприяє енергетичній незалежності регіонів, створенню робочих місць і розвитку місцевої інфраструктури.

Прикладом ефективного використання торфу є Скандинавські країни, зокрема Фінляндія, де торфові електростанції успішно інтегруються в енергосистему. У таких проєктах торф комбінується з іншими видами біопалива, що дозволяє зменшити викиди вуглецю і підвищити енергетичну ефективність. Подібний підхід може бути реалізований і в Україні, де торфові родовища поширені в північних і західних регіонах.

Технологія комбінованого виробництва електричної та теплової енергії з біомаси дозволяє досягати ККД понад 90 %, відповідаючи всім суворим екологічним стандартам, передбаченим Кіотським протоколом. Для БіоТЕЦ, яка працює на торфі, ККД також сягає 90 %.

Станція здатна виробляти 10 МВт електричної та 28 МВт теплової енергії. Обидва види енергії спрямовуються на забезпечення потреб потенційних споживачів, створюючи ефективну систему розподілу енергоресурсів.

Сучасні технології дозволяють використовувати торф з високою екологічною ефективністю, наприклад, за допомогою котлів з технологією «киплячого шару», які забезпечують повне спалювання і низький рівень шкідливих викидів. Додатково, попіл від спалювання торфу може використовуватись як добриво, що створює замкнений цикл використання ресурсів.

Будівництво БіоТЕЦ на торфі також може стати вагомим інструментом для розвитку децентралізованої енергетики. Такі станції здатні забезпечувати теплом і електроенергією як промислові підприємства, так і населені пункти, знижуючи витрати на транспортування енергії. В умовах глобального переходу до відновлюваних джерел енергії та скорочення використання викопного палива, торф, як частина біоенергетичного комплексу, стає важливою складовою «зеленої» трансформації енергетики.

2.3. Біопаливні модульні ТЕС і міні-заводи

В Німеччині розроблені й запущені у виробництво біопаливні модульні ТЕС (рис.2.2)



Рис. 2.2. Загальний вид модульної БіоТЕЦ

Модульні біопаливні ТЕС розроблені для спалювання біопалива, зокрема відходів із високим рівнем вологості, без необхідності попереднього висушування. Такі установки виробляють теплову енергію, а в поєднанні з генератором – електроенергію. Унікальна конструкція топки та схема спалювання є запатентованими рішеннями, що підвищують ефективність

використання палива. Паливні склади автоматизовані, а шахтна топка котла з реверсивним типом виконання реалізована за двоконтурною схемою.

Завдяки верхньому шахтному завантаженню можливо використовувати непідготовлену деревинну кору та інші типи біопалива, які не потребують особливих вимог до фракційності. Котли обладнані механізованою системою видалення золи, що забезпечує безперервну роботу установки. Сучасні системи автоматизації та прилади СТОВІВ дозволяють контролювати та регулювати всі ключові параметри, включно з процесами горіння, циркуляції теплоносія та безпечної експлуатації обладнання.

Прикладом успішного будівництва БіоТЕС у Європі є проєкт у місті Куопіо (Фінляндія). Там збудовано БіоТЕС, яка працює на деревних відходах, торфї та іншій біомасі. Її загальна потужність складає 62 МВт теплової та 20 МВт електричної енергії. Завдяки використанню місцевих ресурсів станція забезпечує енергонезалежність регіону, зменшення викидів CO₂ та створення нових робочих місць. Це підкреслює ефективність та перспективність БіоТЕС у сучасній енергетиці[13].

Прикладом успішного міні-заводу з виробництва біодизелю в Європі є підприємство Green Fuels Refinery у Великобританії. Цей невеликий завод спеціалізується на переробці відпрацьованої рослинної олії (UCO) і жирових відходів з ресторанного бізнесу в біодизель. Завод використовує сучасні технології естерифікації, які забезпечують високий вихід палива, відповідаючи стандарту EN 14214, що є обов'язковим для транспортування в ЄС.

Продуктивність цього міні-заводу становить близько 5 000 тонн біодизелю на рік, що достатньо для задоволення енергетичних потреб невеликого регіону. Особливістю підприємства є використання модульної конструкції, яка дозволяє швидко збільшувати виробничі потужності. Завод також обладнаний системами очищення і повторного використання гліцерину, що є побічним продуктом виробництва.

Подібні міні-заводи демонструють, як локалізоване виробництво може сприяти зменшенню залежності від викопного палива, одночасно вирішуючи проблему утилізації відпрацьованих олій та жирових відходів. Це робить їх важливим елементом сталої енергетики та екологічно чистих технологій у Європі (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 - Мінікомплекс по виробництву біодизеля

Прикладом міні-заводу з виробництва біодизелю в Швеції є підприємство Södra Biofuel Refinery в місті Векшед, яке спеціалізується на переробці біомаси, в тому числі відпрацьованих рослинних олій, в біодизель. Завод має потужність близько 10 000 тонн біодизелю на рік і використовує передові технології, включаючи каталізатори та спеціалізовані реактори для трансестерифікації, що дозволяє виробляти високоякісний біодизель для комерційного транспорту.

Södra Biofuel Refinery є частиною ініціативи, спрямованої на розвиток відновлюваних джерел енергії, і є прикладом успішної інтеграції малої масштабної біоенергетики в шведську енергетичну систему. Завод використовує відходи сільського господарства та харчової промисловості, що робить його частиною замкнутого циклу відновлюваних ресурсів і сприяє зменшенню викидів парникових газів.

Це підприємство є чудовим прикладом використання біопалива у Швеції, де активно підтримується зелена енергетика і розвиток технологій з низьким рівнем викидів (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Біоенергетичний комплекс

У процесі шумування з вище названих ресурсів виробляється біогаз. Цей газ може використатися як звичайний природний газ для технологічних цілей, обігріву, вироблення електроенергії. Його можна також накопичувати, перекачувати, використати для заправлення різної техніки тощо.

2.4. Біоелектростанції

У даному розділі розглянемо розробку фірми Wartsila Biopower (США) [14].

Фірма Wartsila Biopower є частиною корпорації Wartsila і має світову популярність завдяки своїм розробкам в області енергетики у своїй країні й

за кордоном. Поряд із впровадженням технологій застосування рідкого й газоподібного палива, Wartsila має більший досвід в області використання біомаси як поновлюване джерело енергії. Основою рішень в області біоенергетики є запатентована технологія BioGrate.

Розроблені фірмою біоелектростанції мають наступні переваги:

1. Висока надійність, забезпечена використанням перевірених технологій і великим досвідом експлуатації: на сьогодні кількість годин роботи установок Wartsila BioPower в рік значно перевищує 8000 годин.

2. Запатентована технологія спалювання на обертових конусоподібних ґратах BioGrate вивела загальну технологію на новий рівень за показниками експлуатації:

- низький рівень викидів;
- викиди оксидів азоту та оксиду вуглецю відповідають найсуворішим екологічним вимогам;
- висока ефективність спалювання, що гарантує мінімальний вміст непрогорілих залишків у золи;
- відсутність потреби в додатковій підтримці горіння: процес запалення та горіння в BioGrate повністю здійснюється на біопаливі, навіть при використанні вологого палива з вологістю до 65 %.

3. Сучасна автоматизація дозволяє експлуатувати установку без постійної присутності персоналу, з лише короткими щоденними відвідинами. Завдяки можливості дистанційного контролю, експлуатація стає ще більш ефективною, оскільки контроль за роботою установки можна поєднувати з іншими завданнями.

4. Стандартне виконання установки BioPower спирається на сучасні архітектурні принципи, що дозволяють її будівництво навіть у міських умовах. У поєднанні з обладнанням для зниження рівня шуму, електростанція може бути розташована в безпосередній близькості до житлових районів.

На рис.2.5. представлена структурна технологічна схема такої електростанції.

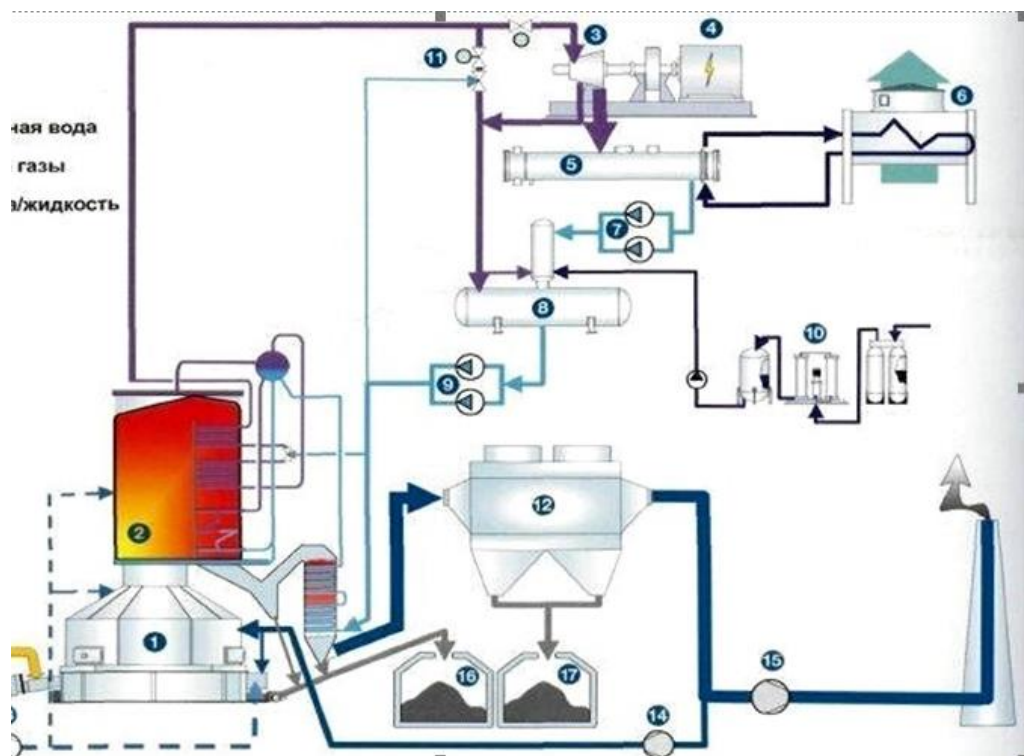


Рисунок 2.5 - Структурна технологічна схема біоелектростанції

Дана схема містить:

- 1 - Biograte;
- 2 – паровий котел;
- 3 - парова турбіна;
- 4 - генератор;
- 5 - конденсатор;
- 6 - радіатор з повітряним охолодженням;
- 7 - насоси для перекачування конденсату;
- 8 - бак живильної води;
- 9 - насоси живильної води;
- 10 - водопідготовка;
- 11 - демпфер;
- 12 - електростатичний пиловіддільник (ЕСП);
- 13 - вентилятор повітря для горіння;
- 14 - вентилятор рециркуляції димових газів;
- 15 - вентилятор димових газів;
- 16 - контейнер з вологим дном для збору золи;
- 17 - контейнер для збору летучої золи.

Сучасна автоматизація дозволяє експлуатувати установку без постійної присутності персоналу, з можливістю дистанційного контролю для підвищення ефективності.

BioPower має сучасну архітектуру, що дозволяє її будівництво в міських умовах, а завдяки обладнанню для зниження шуму, вона може бути розташована поблизу житлових районів.

Взагалі, міні-ТЕС та заводи з виробництва біодизелю мають низку переваг: високу екологічну ефективність, можливість використання місцевих відновлюваних ресурсів, зниження залежності від імпорتنих енергоносіїв і зменшення викидів парникових газів. Вони сприяють енергетичній незалежності регіонів, знижують витрати на транспортування енергії та створюють нові робочі місця. Крім того, завдяки компактним розмірам, такі установки можуть бути розташовані в міських і сільських районах, що робить їх доступними для широкого застосування.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2:

Біогазові установки стали невід'ємною частиною сучасних безвідходних технологій у сільському господарстві та харчовій промисловості. Наявність відходів цих галузей на підприємстві відкриває можливості не лише суттєво зменшити витрати на енергоносії, але й підвищити загальну ефективність діяльності, отримуючи додатковий дохід.

Виробництво біогазу з широкого спектра органічної сировини дозволяє не лише підвищити енергетичну незалежність, а й стимулювати розвиток «зеленої» економіки та сталого сільського господарства.

Будівництво БіоТЕЦ на торфі також може стати вагомим інструментом для розвитку децентралізованої енергетики. Такі станції здатні забезпечувати теплом і електроенергією як промислові підприємства, так і населені пункти, знижуючи витрати на транспортування енергії. В умовах глобального переходу до відновлюваних джерел енергії та скорочення використання викопного палива, торф, як частина біоенергетичного комплексу, стає важливою складовою «зеленої» трансформації енергетики.

Міні-заводи з виробництва біодизелю демонструють, як локалізоване виробництво може сприяти зменшенню залежності від викопного палива, одночасно вирішуючи проблему утилізації відпрацьованих олій та жирівих відходів. Це робить їх важливим елементом сталої енергетики та екологічно чистих технологій у Європі.

Взагалі, всі ці пристрої та установки мають низку переваг: високу екологічну ефективність, можливість використання місцевих відновлюваних ресурсів, зниження залежності від імпортованих енергоносіїв і зменшення викидів парникових газів. Вони сприяють енергетичній незалежності регіонів, знижують витрати на транспортування енергії та створюють нові робочі місця. Крім того, завдяки компактним розмірам, такі установки можуть бути розташовані в міських і сільських районах, що робить їх доступними для широкого застосування.

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ БІОЕНЕРГЕТИКИ

3.1. Схеми фінансової підтримки виробництва біоелектроенергії

Усі країни ЄС впровадили політичні інструменти підтримки використання біомаси. Щонайменше десять з них встановили національні цільові показники щодо використання біомаси, хоча лише деякі з цих країн визначили орієнтири для виробництва електроенергії з біомаси.

В 18 країнах ЄС основним інструментом підтримки є компенсаційні тарифи, а шість країн застосовують систему обов'язкових квот (у Польщі, зокрема, без використання зелених сертифікатів). В Ірландії основним механізмом є проведення тендерів, а Фінляндія є унікальним прикладом, де система відшкодування енергетичних податків доповнена наданням інвестиційних субсидій для розвитку відновлюваних джерел енергії.

Хоча схеми компенсаційних тарифів є поширеним інструментом у країнах ЄС, механізми їх впровадження значно варіюються. Характеристики національних систем компенсаційних тарифів представлені в таблиці 3.1. Зазвичай розмір виплат залежить від типу технології використання відновлюваних джерел енергії, а також передбачається надання короткострокових гарантій на виробництво відповідних виплат.

Як свідчать дані, наведені в таблиці 3.1, між цінами на біоелектроенергію в різних країнах існують суттєві розбіжності. Тарифи встановлюються з урахуванням кількох факторів, таких як дата запуску проєкту, тип джерела енергії чи технології, розмір об'єкта та період, протягом якого виробляється електрична енергія.

Основні проблеми, з якими зіштовхуються, особливо, нові країни - члени ЄС, полягають у тім, що ціни не покривають у достатній мері витрати виробництва й гарантійний період є занадто коротким для того, щоб гарантувати інвесторам збереження цін. У результаті в цих країнах рівень

підтримки може бути недостатнім для стимулювання виробництва біоелектроенергії.

Є свідчення, що країни, які запровадили стабільні довгострокові компенсаційні тарифи, досягають найвищих показників у використанні відновлюваних джерел енергії. Яскравим прикладом ефективного стимулювання виробництва електроенергії з поновлюваних джерел є закон, прийнятий у Німеччині ще у 2000 році [14], який встановив компенсаційні тарифи. Сьогодні в Німеччині високі компенсаційні тарифи в поєднанні з продуманою схемою надання субсидій та звільнення від екологічного податку сприяють розвитку значного ринку ВДЕ.

Є також інформація, що прийняття законів про компенсаційні тарифи створює сприятливі умови для розвитку виробництва біоелектроенергії, хоча в Фінляндії та Швеції використання біомаси значно зросло навіть без впровадження таких законів. Важливо відзначити, що у Фінляндії це сталося без державної підтримки завдяки низьким цінам на деревні відходи, які використовуються для виробництва електроенергії. У цих двох країнах високі податки на викопне паливо, податки на електроенергію та система обов'язкових квот (в Швеції) вважаються найбільш ефективними політичними інструментами для розвитку біоелектроенергії, і їхній досвід може бути корисним для інших країн.

Політика в галузі промислового виробництва може мати значний вплив на використання біомаси та виробництво біоелектроенергії. Чорний луг та інші концентровані рідкі відходи, що генеруються целюлозно-паперовими підприємствами Фінляндії, складають значну частину загального споживання поновлюваних джерел енергії в країні (55% у 2021 році). Частка електроенергії, отриманої з твердих біомасових джерел, у тому ж році становила 21% від загального обсягу виробленої електричної енергії. Це джерело біомаси має потенціал для забезпечення значних обсягів енергії й у інших країнах, таких як Німеччина. Основними споживачами промислового

чорного луку в Європі є Фінляндія та Швеція, де його споживання становить 135 ПДж/рік і 125 ПДж/рік відповідно.

Окрім целюлозно-паперових підприємств і підприємств харчової промисловості, потенційними виробниками електроенергії з біомаси є муніципальні водоочисні споруди, які використовують біогаз, енергетичні установки централізованих теплопостачальних систем, що працюють на біомасі, а також установки, що переробляють біогаз з відходів на сміттєзвалищах.

Таблиця 3.1. Компенсаційні тарифи на біоелектроенергію в країнах ЄС

Країна	Діапазон тарифів Е цнт/кВтч ¹	Виплати залежно від застосовуваної технології ²	Гарантія ³	Ефективна виплата ⁴
Австрія	3,0 – 16,5	X	X	X
Бельгія	2,0 – 2,5	X	X	(X)
Данія	1,0 – 4,0	X	X	
Фінляндія	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Франція	3,5 – 5,5	X	X	(X)
Німеччина	6,6 – 9,9	X	X	X
Греція	7,0 – 7,8		-	(X)
Ірландія	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Італія	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Люксембург	2,5	X	X	
Нідерланди	2,9 – 8,2	X	X	X
Португалія	6,2	X	-	
Іспанія	6,7 – 7,1	X	X	
Швеція	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Англія	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Кіпр	6,3	X	-	-
Чехія	6,2 – 7,7	X		(X)
Естонія	(4,9-) 5,2		X	
Угорщина	7,3		X	(X)
Латвія	5,0 – 5,9	X	X	(X)
Литва	5,7 – 5,8	X		

Мальта	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Польща	Компенсаційні тарифи не використовуються			
Словаччина	3,0 – 3,5			
Словенія	6,8 – 7,0	X	X	(X)

1) Різниця в розмірах тарифів зумовлена коливаннями цін на біоелектроенергію в межах країни та, в деяких випадках, типом джерела (наприклад, Бельгія, Естонія), без врахування надбавок до ціни.

2) Це стосується конкретних технологій, що використовують інші відновлювані джерела енергії.

3) Гарантія не завжди передбачає довгострокову стабільність цін.

4) Ефективна виплата, або рівень підтримки, повинна бути достатньо високою для забезпечення стимулювання виробництва біоелектроенергії, тобто покриття витрат.

Ефективність використання біомаси для енергетичних цілей залежить не лише від ринкових умов, але й від того, як інтегровані енергетична, екологічна, а також сільськогосподарська і лісгосподарська політика, політика в сфері збору та утилізації відходів, промислового виробництва, міського розвитку та торгівлі. Тому плани розвитку виробництва біологічної електроенергії мають враховувати ці фактори.

3.2. Ефективність підтримки виробництва біоелектроенергії

У одному з останніх інформаційних бюлетенів Європейської Комісії (2024) було розпочато аналіз ефективності різних систем підтримки відновлюваних джерел енергії в країнах-членах ЄС. Оцінка проводилась за секторами, а ефективність вимірювалась кількістю електроенергії, поставленої в ГВт, порівняно з потенційним обсягом виробництва електричної енергії в кожній країні за визначений період. Щодо

електроенергії, виробленої з біомаси та лісових відходів, оцінка була здійснена на основі даних за період з 2015 по 2023 рік.

Оцінка виконувалась із труднощами через різноманітність біоенергетичних систем, які мають різні розміри, конфігурації та використовують різні види палива. Сектор біоенергетики включає різні типи установок, такі як малі системи спільного виробництва тепла та електричної енергії, підприємства целюлозно-паперової промисловості, установки для спільного спалювання лісових відходів та інші. Це ускладнює порівняння і оцінку їх ефективності.

З аналізу можна зробити висновок, що в період з 2015 по 2023 рік в країнах ЄС-15 щорічно використовувалася лише невелика частина наявного потенціалу біомаси. Ефективність використання біомаси для виробництва електроенергії значно поступається показникам використання вітрової енергії. Це підтверджує висновок, наведений у інформаційному бюлетені 2024 року, що темпи розвитку виробництва електроенергії з біомаси не відповідають очікуваним показникам на рівні ЄС.

На рисунку 3.1. наведені показники ефективності використання біомаси для виробництва електроенергії в країнах - членах ЄС (ЄС-15) у період з 2015 по 2023 р. Різні схеми підтримки, що використалися протягом цього періоду, позначені відповідним кольором.

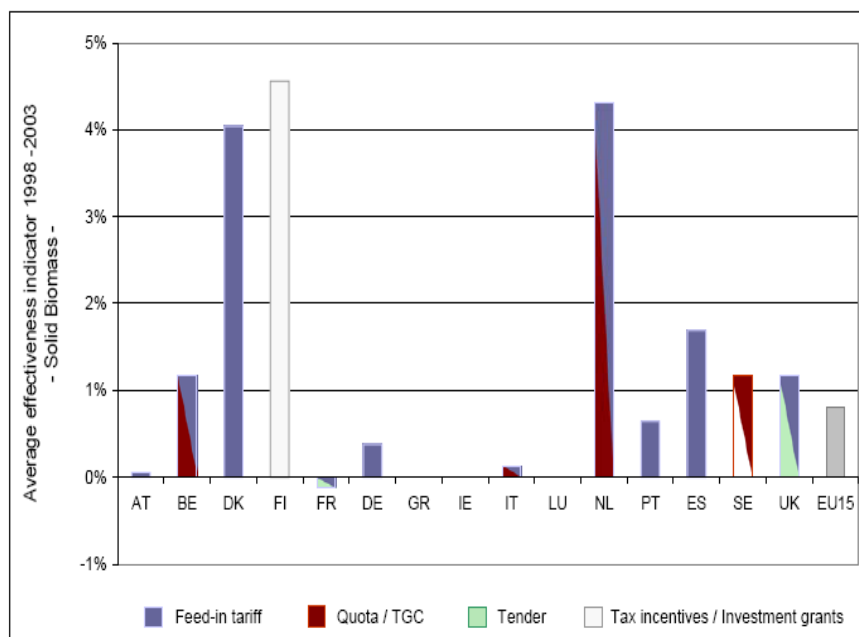


Рис. 3.2. Показник ефективності використання біомаси для виробництва електроенергії в країнах - членах ЄС (ЄС-15) у період з 2015 по 2023 рр

Average effectiveness indicator (2015-2023) - Solid Biomass -	Середній показник ефективності використання біомаси (2015-2023) - тверда біомаса -
Feed-in Tariff	Компенсаційні тарифи
Quota/TGS	Квоти/ СЕС
Tender	Тендери
Tax incentives/Investments grants	Податкові пільги/інвестиційні гранти
AT	Австрія
BE	Бельгія
DK	Данія
FI	Фінляндія
FR	Франція
GR	Німеччина
GR	Греція
IE	Ірландія
IT	Італія
LU	Люксембург
NL	Нідерланди
PT	Португалія
ES	Іспанія
SE	Швеція
UK	Великобританія
EU-15	ЄС-15

До 2010 року в Данії спостерігався значний ріст використання біомаси, переважно у великих централізованих установках комбінованого виробництва тепла та електричної енергії. Це стало можливим завдяки введенню високих компенсаційних тарифів та наявності стабільної політико-законодавчої системи.

У липні 2013 року в Нідерландах було введено часткові податкові пільги в рамках системи компенсаційних тарифів. Додаткову підтримку надавали через інвестиційні гранти. Основною технологією, яка застосовується в Нідерландах, є спільне спалювання палива.

У Фінляндії в останні роки основним фактором, що сприяє розвитку ринку біомаси, стало повернення податків, пов'язаних із використанням лісосічних відходів. Для установок комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, які використовують біопаливо, передбачено інвестиційну пільгу на рівні 25%. Важливу роль у реалізації цих стимулюючих схем, які поєднують податкові та інвестиційні пільги, відіграє

целюлозно-паперова промисловість, яка традиційно є важливою складовою економіки країни. На рис.3.1 приведена діаграма енергопостачання у світі з часткою біоенергетики.

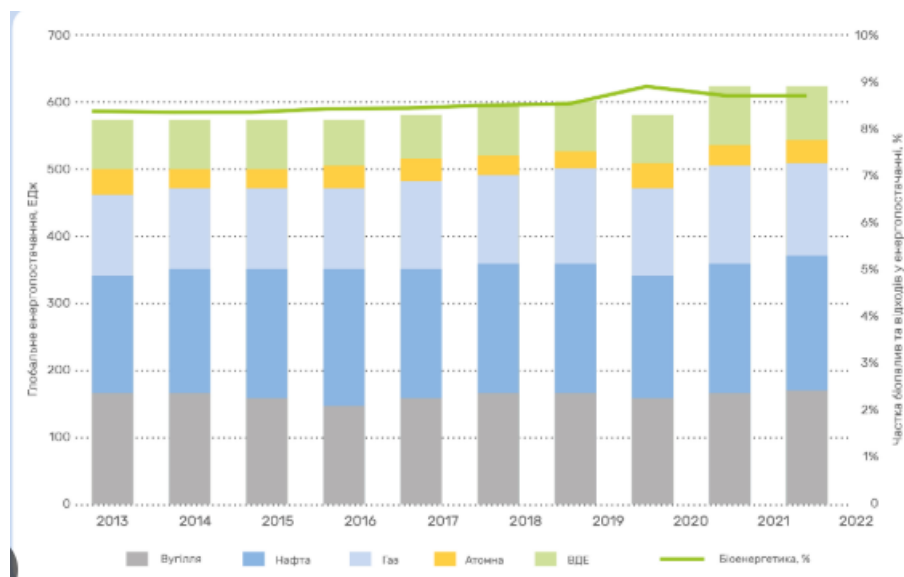


Рисунок 3.1 – Загальне енергопостачання у світі та частка біоенергетики

Австрія та Німеччина обрали стратегію, яка передбачає використання малопотужних біологічних масових установок. Хоча їх експлуатація потребує більших витрат, це рішення обґрунтоване не лише умовами загальної енергетичної політики, але й вимогами охорони навколишнього середовища та підтримки розвитку сільських районів. У Німеччині була введена нова система підтримки, яка відрізняється більшим розривом між витратами на підтримку та виробництво енергії. Новий рівень підтримки був введений у серпні 2022 року, але ефективність цієї системи ще має бути підтверджена, особливо у контексті використання лісової біомаси.

Основні бар'єри для розвитку біоенергетичних джерел (ВДЕ-Е) зумовлені як економічними факторами, так і умовами інфраструктури. Найвищу ефективність та мінімальний розрив між витратами на підтримку та виробництво енергії спостерігають у Данії, Фінляндії та Нідерландах. Данія та Фінляндія впровадили схеми компенсаційних тарифів, а Фінляндія основну підтримку забезпечує через податкові пільги. Загальна риса систем,

що використовуються в цих країнах, полягає в тому, що централізовані енергетичні установки на твердому біопаливі отримують більшу частину інвестицій, спрямованих на розвиток ВДЕ-Е. На рис.3.2 показаний розвиток біоенергетики.

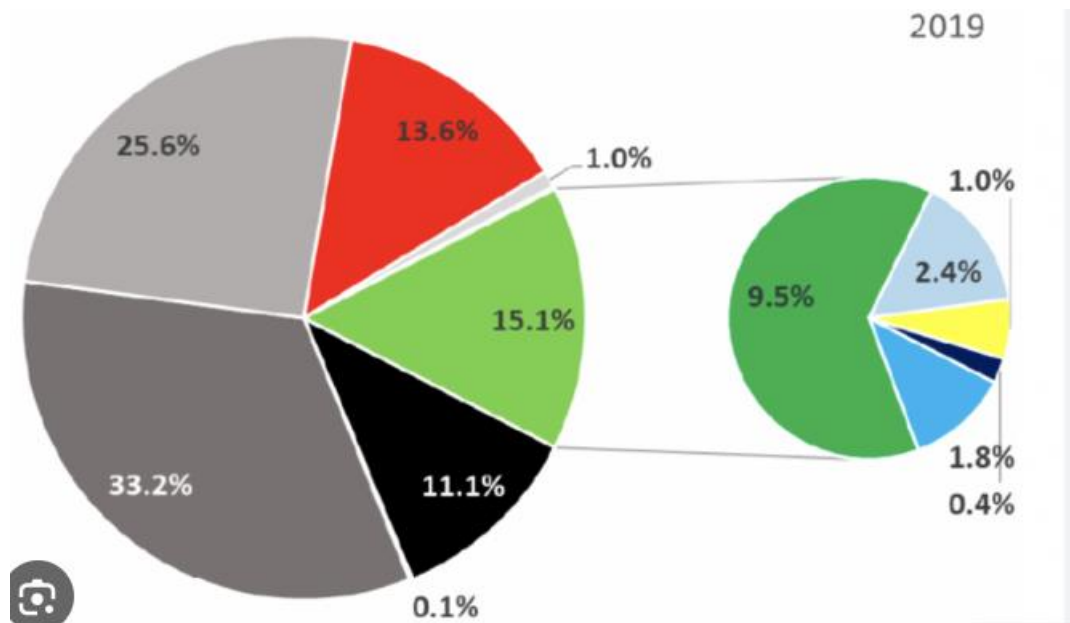


Рисунок 3.2 – Розвиток біоенергетики в ЄС – SAF Україна

Отже, можна зробити такі висновки:

1. У Великобританії, Бельгії, Італії та, певною мірою, у Швеції досягнуто мінімально необхідного рівня підтримки розвитку ВДЕ. Проте, сектор біомаси в цих країнах ще не готовий до впровадження схем, пов'язаних з використанням зелених сертифікатів, через ризики, що з ними пов'язані.

2. Найвищу ефективність систем та найменший розрив між витратами на підтримку та виробництво енергії можна спостерігати в Данії, Фінляндії та Нідерландах. Данія та Фінляндія впровадили схеми компенсаційних тарифів, а Фінляндія також використовує інвестиційну пільгу в розмірі 25%. Централізовані енергетичні установки на твердому біопаливі отримують більшу частину інвестицій, спрямованих на розвиток ВДЕ-Е.

3. Рівень компенсаційних тарифів, що запроваджено у Франції, Греції, Ірландії, Люксембурзі, Португалії та Іспанії, є недостатнім для забезпечення справжнього розвитку сектора біомаси.

4. Додаткові інструменти підтримки, такі як програми для малопотужних установок і податкові пільги, можуть бути ефективними засобами стимулювання використання біомаси. Їхня перевага також полягає в тому, що вони менш негативно впливають на ринок лісоматеріалів.

5. Підтримка установок комбінованого виробництва теплової та електричної енергії є ефективним стимулом для використання біомаси.

6. Правильне управління процесами заготівлі та використання сільськогосподарських і лісових відходів є ключовим фактором для ефективного використання біомаси.

У Франції, Греції, Ірландії, Люксембурзі, Португалії та Іспанії рівень компенсаційних тарифів для біомаси виявився недостатнім для значного розвитку сектора біоенергетики. Хоча ці країни застосовують певні підтримуючі механізми, їхні ставки не забезпечують ефективну основу для інтенсивного впровадження біомаси у виробництво електроенергії.

Водночас інші інструменти, такі як підтримка малопотужних установок і податкові пільги, можуть відігравати важливу роль у стимулюванні розвитку цього сектора, зокрема, мінімізуючи негативний вплив на ринок лісоматеріалів. Налагоджене управління процесами заготівлі та використання сільськогосподарських і лісових відходів може також сприяти більш ефективному використанню біомаси для енергетичних цілей.

3.3. Прийняті заходи щодо розвитку використання біомаси

В Європейському Союзі створена спеціальна комісія, яка займається розробкою і впровадженням заходів щодо використання біомаси для виробництва теплової та електричної енергії:

1. Розробити пропозиції для прийняття законодавчих актів, спрямованих на розвиток використання відновлювальних джерел енергії, включаючи біомасу, для забезпечення теплопостачання та охолодження.

2. Оцінити можливість внесення змін до директиви щодо енергозбереження в будівлях для посилення стимулів до застосування відновлювальних джерел енергії.

3. Дослідити варіанти підвищення ефективності побутових котлів, що працюють на біомасі, та зниження рівня забруднення, щоб визначити вимоги в рамках директиви з екологічного проєктування; також рекомендувати модернізацію централізованих систем теплопостачання з переведенням на використання біопалива.

4. Рекомендуватиме країнам ЄС, які застосовують знижену ставку ПДВ на газ та електроенергію, розповсюдити цю ставку також на централізовані системи теплопостачання.

5. Забезпечить ефективний контроль за виконанням директиви щодо використання електроенергії, виробленої з відновлювальних джерел енергії.

6. Рекомендуватиме країнам ЄС використовувати всі доступні методи економічного виробництва електроенергії з біомаси.

7. Спростить рекомендацію для країн ЄС враховувати, що установки комбінованого виробництва тепла й електричної енергії дозволяють одночасно виробляти обидва види енергії при реалізації схем підтримки [15,16].

Щодо збільшення виробництва транспортного біопалива:

1. З урахуванням можливості перегляду директиви щодо розвитку використання біопалива у 2025 році буде підготовлений звіт, який охопить наступні питання: а) встановлення національних орієнтовних показників щодо обсягу використання біопалива; б) визначення зобов'язань постачальників палива щодо поставок біопалива; в) забезпечення відповідності біопалива, що підлягає сертифікації, мінімальним вимогам

раціонального використання ресурсів шляхом реалізації відповідних сертифікаційних схем.

2. Рекомендуватиме країнам ЄС створювати умови, що сприятимуть використанню біопалива другого покоління при встановленні зобов'язань щодо виробництва та споживання біопалива.

3. Подати законодавчу ініціативу, яка передбачатиме стимулювання державних закупівлі екологічно чистих та економічно ефективних транспортних засобів, зокрема таких, що використовують змішане паливо з високим вмістом біопалива.

4. Вивчити можливість застосування біопалива в рамках заходів для досягнення цільових показників зниження викидів CO₂ транспортними засобами.

5. Застосує збалансований підхід у ході триваючих переговорів щодо укладення угод про вільну торгівлю з країнами та регіонами-виробниками етанолу. ЄС має враховувати інтереси як місцевих виробників, так і торгових партнерів в умовах зростаючого попиту на біопаливо.

6. Запропонує внести зміни до стандарту "Біодизельне паливо", щоб дозволити використання більшої кількості олій, у тому числі імпортованих, для виробництва біодизельного палива, а також замінити метанол на етанол у цьому процесі.

7. Проведе оцінку впливу різних варіантів палива для визначення максимально допустимого вмісту етанолу, ефірів та інших окислювачів у бензині, а також максимально допустимого вмісту парів у бензині та біодизельного палива в дизельному паливі.

8. Звернеться до представників відповідних галузей промисловості з проханням надати технічне обґрунтування методів, що обмежують використання біопалива, а також буде здійснювати моніторинг ситуації в цих секторах, щоб запобігти дискримінації біопалива.

9. Надаватиме підтримку країнам, що розвиваються, шляхом допомоги у виробництві біопалива та забезпечення таких же сприятливих умов доступу на ринки, які передбачені діючими торговельними угодами.

10. Опублікує спеціальний інформаційний бюлетень, присвячений питанням біопалива, на початку 2026 року.

Цей розділ роботи присвячується заходам Європейського Союзу, спрямованим на підтримку використання біопалива та біомаси для виробництва тепла та електричної енергії. Основні ініціативи включають розвиток законодавчих актів, що стимулюють використання поновлюваних джерел енергії, таких як біомаса та біопаливо, на рівні країн ЄС.

Пропонується вдосконалення системи підтримки, зокрема через компенсаційні тарифи, податкові пільги та інвестиційні гранти, а також заохочення використання біопалива другого покоління. Зокрема, рекомендується розширення застосування біопалива у транспорті та промисловості, забезпечення сприятливих умов для його використання в країнах ЄС та країнах, що розвиваються.

3.4. Механізм підтримки виробництва й використання біоелектроенергії

У табл. 3.2. наведені механізми підтримки виробництва й використання біоелектроенергії в провідних країнах Європейського Союзу.

Таблиця 3.2 - Огляд основних політичних інструментів розвитку виробництва й використання біоелектроенергії в ЄС-15

Країна	Основний механізм підтримки виробництва й використання біоелектроенергії	Інші використовувані інструменти
Австрія	Компенсаційний тариф: на електроенергію із твердої біомаси й відходів зі значним змістом біогенних матеріалів: 10,2–16,0 цнт/кВтч (10–2 МВт), 6,5 цнт/кВтч (гібридні установки); палива, включаючи	Інвестиційні субсидії в розмірі 30% витрат на фінансування

	біогенні відходи: 6,6 - 12,8 цнт/кВтч (10 - 2 МВт), 4,0 - 5,0 цнт/кВтч (гібридні установки); рідкої біомаси < 200 кВт 13,0 цнт/кВтч, >200 кВт 10,0 цнт/кВтч; біогаза 10,3 -16,5 цнт/кВтч; гази з органічних відходів (каналізації й сміттєвих смітників): 3,0 - 6,0 цнт/кВтч.	проекту.
Бельгія	Система зелених сертифікатів/обов'язкових квот або мінімальний компенсаційний тариф: мінімальні ціни встановлені на електроенергію з біомаси: 8 цнт/кВтч [ЕС 2022]/ 2,5 цнт/кВтч [Vгі 2022]; для проєктів, реалізація яких була почата до 2000 р., передбачається підтримка строком на 10 років.	Міри фінансової підтримки й схеми інвестиційної підтримки.
Данія	Компенсаційний тариф: розрахункова ціна на електроенергію із твердої біомаси: 4 цнт/кВтч гарантується на строк 10 років, додатково як гарантія ці установки одержують компенсацію по сертифікаті ВЕ в розмірі 1 цнт/кВтч; розрахункова ціна на електроенергію з біогаза становить 4 цнт/кВтч і з відходів 1 цнт/кВтч.	Інвестиційні субсидії, для ряду підприємств енергосистем загального користування встановлені зобов'язання по використанню певної кількості біомаси.
Фінляндія	Повернення енергетичного податку для електроенергії з біомаси: 4,2 євро/МВт _т (0,42 цнт/кВтч).	Інвестиційні субсидії в розмірі 30% (для нових інвестицій).
Франція	Компенсаційний тариф гарантується на строк від 15 до 20 років: установки <12 МВт: на електроенергію з біомаси: стандартний тариф 4,9 цнт/кВтч, преміальний тариф до 6 цнт/кВтч; з газу з органічних відходів (каналізації й сміттєвих смітників) стандартний тариф 5,5 цнт/кВтч, преміальний тариф до 6 цнт/кВтч; із ТМВ (твердих міських відходів): стандартний тариф 3,5 цнт/кВтч, преміальний тариф до 4 цнт/кВтч; установки >12 МВт: система із проведенням тендерів і компенсаційний тариф.	Також діють компенсаційні інвестиційні схеми.
Німеччина	Компенсаційний тариф на електроенергію з біомаси: 1) до 0,15 МВт 11,5 цнт/кВтч, 2) 0,15-0,5 МВт 9,9 цнт/кВтч, 3) 0,5-5 МВт 8,9 цнт/кВтч, 4) 5-20 МВт 8,4 цнт/кВтч; доплати в розмірі від 2 до 8 цнт/кВтч можливі за певних умов, наприклад, залежно від виду використовуваної біомаси, використання на ТЕЦ; з газу з органічних відходів (каналізації й сміттєвих смітників): до 500 кВт 7,67 цнт/кВтч, 501 кВт - 5 МВт 6,65 цнт/кВтч. 1,5% починаючи з 01.01.2015 р.	Інвестиційні субсидії.
Греція	Компенсаційний тариф: 7,8 цнт/кВтч на островах й 7 цнт/кВтч на континентальній території.	Інвестиційні субсидії в розмірі близько 30 (~50) %.
Ірландія	Схема із проведенням тендерів/подачі пропозицій: у цей час рівень підтримки (ціна пропозиції) становить від 6,4 до 7 цнт/кВтч (біомаса: 6,412 цнт/кВтч до 8	

	МВт, біомаса - ТЕЦ: 7,0 цнт/кВтч до 28 МВт, біомаса – АЗ (анаэробное зброджування): 7,0 цнт/кВтч до 2 МВт)	
Італія	Система вільнообразуючих сертифікатів/квот з обов'язковими цільовими показниками: відносно сприятливий рівень вартості сертифікатів: 8,4 цнт/кВтч (сертифікати видаються тільки операторам установок потужністю більше 50 МВт/рік).	Інвестиційні субсидії в розмірі 30-40%.
Люксембург	Компенсаційний тариф: на електроенергію з біомаси й біогаза: 2,5 цнт/кВтч до 3 МВт на строк до 10 років.	Інвестиційні субсидії, що становлять до 40% витрат на інвестиції.
Нідерланди	Компенсаційний тариф: тарифи на електроенергію із суміші біомаси з відходами (2015 р.) 2,9 цнт/кВтч), із чистої біомаси, у більших обсягах: 7,0 цнт/кВтч, у малих обсягах: <50 МВтг: 9,7 цнт/кВтч).	Податкові пільги.
Португалія	Компенсаційний тариф: на електроенергію з біомаси в 2015 становив 6,2 цнт/кВтч.	Інвестиційні субсидії (як правило, що становлять 40 % витрат на інвестиції) і податкові пільги.
Іспанія	Компенсаційний тариф: в основному, установлений для установок потужністю до 50 МВт, оператори установок, побудованих після 28.03.14 повинні вибрати варіант продажу електроенергії або розподільної компанії (регульований тариф до 6,7 цнт/кВтч) або на вільних умовах на ринку (ринкова ціна до 7,1 цнт/кВтч); установки, що діяли до 28.03.14 можуть вибрати перехідний режим (з певними надбавками ціни становлять до 7,2 цнт/кВтч) або повністю перейти на новий режим, уведений Королівським указом 436/2014.	Інвестиційні субсидії й фінансові інструменти.
Швеція	Система вільнообразуючих сертифікатів/ квот: Сертифікати на електроенергію були введені в травні 2021 р. Система передбачає обов'язкову покупками кінцевими користувачами певного числа сертифікатів на поновлювану енергію, які становлять частину загального обсягу споживаної ними електроенергії (яка була підвищена до 17% в 2020%). Невиконання прийнятих зобов'язань тягне накладення штрафу в розмірі 150% річної середньої ціни. З метою забезпечення ефективного переходу надаються гарантії по збереженню цін до 2020 р. У рамках системи рівень цін визначається попитом та пропозицією. Прогнози свідчать про те, що ціни на вільнооборачуючі сертифікати складуть 1,3 – 1,6 цнт/кВтч.	Інвестиційні субсидії ТЕЦ, що працює на біомасі (приблизительно 330 євро/квте або максимум 25% загальної вартості проекту) + звільнення від енергетичного податку на дрібних виробників ВДЕ-Э.
Великобританія	Система вільнообразуючих сертифікатів/ обов'язкових квот: штраф за невиконання	

	зобов'язань/"викупна ціна" на 2023-3024 р. установлена в розмірі приблизно 4,5 - 4,8 євроцентів/кВтч (30,51 британських фунтів стерлінгів) + збір на запобігання зміни клімату: ВДЕ-Е звільняється від збору на запобігання зміни клімату, що становить приблизно 0,63 цнт/кВтч (0,43 пенсів/кВтч).	
--	---	--

У таблиці 3.3. наведені дані для країн, що недавно стали членами Євросоюзу

Таблиця 3.3 – Країни, що відносно недавно стали членами ЄС

Країна	Основний механізм підтримки виробництва й використання біоелектроенергії	Інші використовувані інструменти
Кіпр	Компенсаційний тариф: на електроенергію з біомаси, газу з органічних відходів (каналізації й смітєвих смітників): 6,3 Кіпр, цнт/кВтч (3,7 сур, цнт/кВтч) (фіксована покупна ціна на електроенергію з ВДЕ становить 6,3 цнт/кВтч (3,7 Кіпр, цнт /кВтч), На додаток до зазначеного тарифу застосовується спеціальна надбавка, розмір якої залежить від застосовуваної технології, виплачувана зі спеціального фонду, фінансованого за рахунок податку на споживання електроенергії.	Фінансові стимули (гранти, що забезпечують компенсацію 30-40% витрат на інвестиції) для інвестицій у системи на біомасі й газі з органічних відходів (каналізації й смітєвих смітників).
Чеська Республіка	Компенсаційні тарифи: для установок ВДЕ-Э й установок комбінованого виробництва теплової й електричної енергії (щорічно коректуємі мінімальні тарифи), мінімальні ціни на 2014 р.: для установок на біомасі й біогазе, уведених в експлуатацію до 01.01.2014 р.: 7,69 цнт/кВтч; для установок зі спільним спалюванням біомаси (з вугіллям): 6,15 цнт/кВтч; для установок на біогазе після 01.01.2014 7,38 цнт/кВтч + звільнення від податків на інвестиції у ВЕ на 5 років (система обов'язкових квот/зелених сертифікатів може вити уведена не раніше початку 2015 р	Надбавка для децентралізованого виробництва електроенергії: 0,06 цнт/кВтч (110 кв), 0,08 цнт/кВтч (висока напруга), 0,02 цнт/кВтч (низька напруга); інвестиційні субсидії з різних фондів (наприклад, для ТЕЦ на ВДЕ).
Естонія	Компенсаційний тариф: 5,2 цнт/кВтч (ціна на електроенергію, вироблену із всіх джерел поновлюваної енергії, в 1,8 разів перевищує ціну на побутову електроенергію), виплати виробляються протягом 7 років по тарифі на електроенергію з біомаси 4,86 цнт/кВтч.	0 % ПДВ для поновлюваної енергії.
Латвія	Компенсаційний тариф: у цей час для енергетичних установок, що працюють на відходах або біогазі, дорівнює середньому	Система квот для виробництва ВДЕ-Э (норми річної

	продажному тарифу на електроенергію, надається на строк 8 років (до 7 МВт, діє з 01.01.2008) = 5,23 цнт/кВтч + схема підтримки ТЕЦ, що працюють на біомасі (торфі, деревині, іншій біомасі або біогазе): тариф: <0,5 МВт: 5,86 цнт/кВтч, 0,5-4 МВт: 4,97 цнт/кВтч.	встановленої потужності по виробництву ВДЕ-Э) + довгострокові позики на пільгових умовах у приватному й державному секторах.
Литва	Компенсаційні тарифи: ціни на електроенергію, вироблювану з поновлюваних джерел енергії, установлюються Постановою № 7 від 11 лютого 2012 р., тариф для енергетичних установок на біопаливі: 20 литовських центів/кВтч = 5,7 - 5,8 цнт/кВтч, ціни для інших енергетичних установок на ВДЕ або відходах визначаються окремим постановою.	
Мальта	Схеми підтримки відсутні.	
Словенія	Компенсаційний тариф: на електроенергію з біомаси, до 1 МВт: 6,98 цнт/кВтч; на електроенергію з біомаси, більше 1 МВт: 6,76 цнт/кВтч; кваліфікований користувач може замість цього тарифу використати тариф "ринкова ціна + надбавка" (для електроенергії з біомаси: 3,50 - 3,28 цнт/кВтч або використати тариф "ціна при доставці" (або надбавку).	Уведений в 2000 податок на викиди CO ₂ дорівнює 15 євро/т CO ₂ :13.5 цнт/кВтч (3 стотини/кг CO ₂).

3.5. Стан біоенергетики в цей час

Споживання біомаси зростає швидкими темпами, і до кінця 2019 року загальна встановлена потужність об'єктів біоенергетики в світі становила 12 124,1 ГВт (рис.3.3). У ряді країн темпи впровадження біопалива значно перевищують середні світові показники. Так, у Швеції 65% теплової енергії отримують з біомаси, в Литві — 61%, в Данії — 47%, в Австрії — 41%, у Фінляндії — 37% та в Латвії — 28%.

В Україні впровадження біомасових технологій демонструє сталий ріст з середньорічним приростом близько 16% (рис.3.4) [16], що дозволяє щороку зменшувати залежність від імпортованих енергоносіїв, знижувати викиди шкідливих газів і створювати нові робочі місця. Поточні темпи розвитку

дозволяють біоенергетиці зберігати лідерські позиції серед всіх відновлювальних джерел енергії в забезпеченні первинною енергією (рис. 3.5).

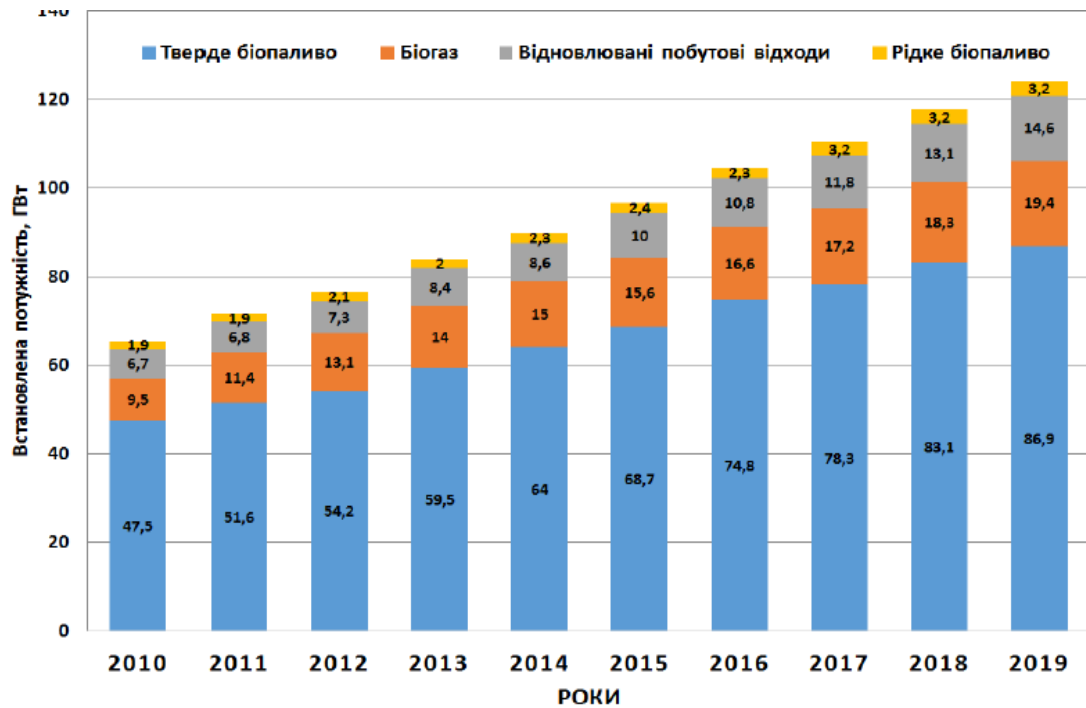


Рисунок 3.3 - Встановлена потужність об'єктів біоенергетики в світі



Рисунок 3.4 - Динаміка використання біомаси в Україні з 2010р. по 2019



Рисунок 3.5 - Загальне первинне постачання енергії з відновлюваних джерел у 2019 році, тис. т

Впровадження технологій використання біомаси дозволяє створювати нові екологічно чисті генеруючі потужності для виробництва теплової та електричної енергії з відновлювальних джерел. На відміну від сонячних та вітрових електростанцій, ці потужності забезпечують стабільну генерацію з гарантованою потужністю (рис.3.6).



Рисунок 3.6 - Біогазова електростанція у Вінницькій області, Україна

Поточні темпи розвитку біоенергетики в Україні, а також значний потенціал біомаси дають підстави для оптимістичних прогнозів щодо розвитку цієї галузі відновлювальної енергетики (рис.3.7). Це в кінцевому підсумку дозволить значно знизити залежність країни від імпорту енергоносіїв і створити нові робочі місця.

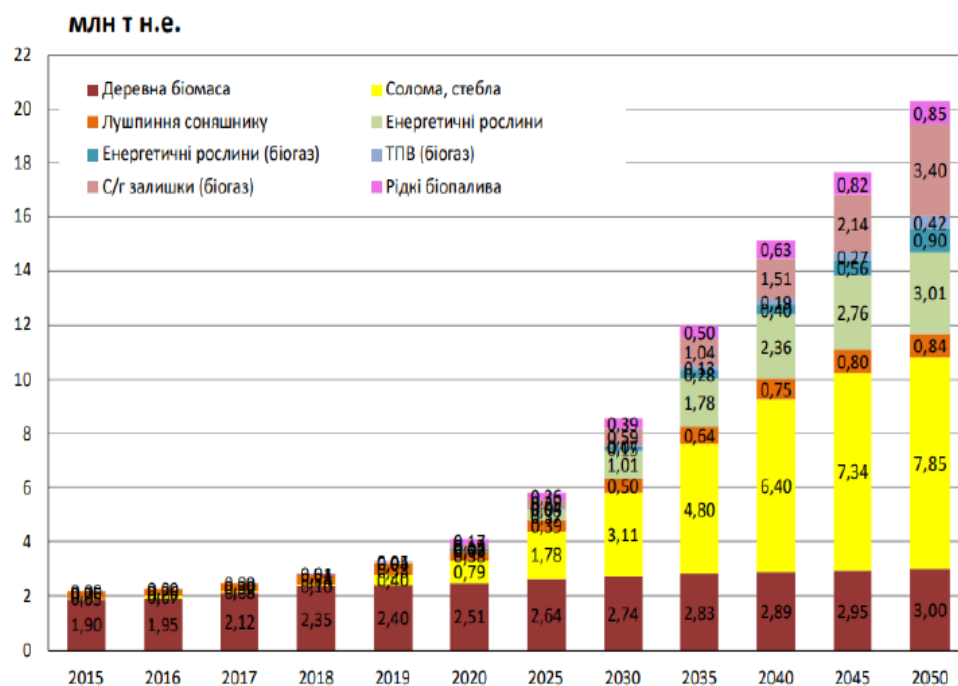


Рисунок 3.7 - Прогноз використання біопалив в Україні до 2050 року за видами отриманого енергоносія, млн. т н.е.

Що стосується країн ЄС, то між ними існують значні розходження у використанні біомаси й, як указувалося раніше, вони не обов'язково пов'язані з наявністю й видами природних ресурсів, які є в окремих країнах. Тверда деревина здебільшого використовується для виробництва теплової енергії, зокрема в Латвії та Литві [17], де вона часто спалюється в побутових котлах малої потужності з низьким ККД.

Виробництво електричної енергії з біомаси зазвичай здійснюється за допомогою твердої біомаси або біогазу, хоча їхня частка в загальному обсязі постачання відновлювальних джерел енергії у багатьох країнах залишається невеликою. У більшості цих держав ще не створено ефективних систем постачання біопалива.

З 2012 по 2022 рік виробництво електроенергії з біомаси стабільно зросло. Так, у країнах ЄС зростання склало 59%, тоді як в чотирьох членах ЄС (Чехія, Угорщина, Польща, Словаччина) цей показник досяг 102% [18,19]

На рис.3.8. показана встановлена потужність енергетичних установок, що саме виробляють електроенергію з біомаси.

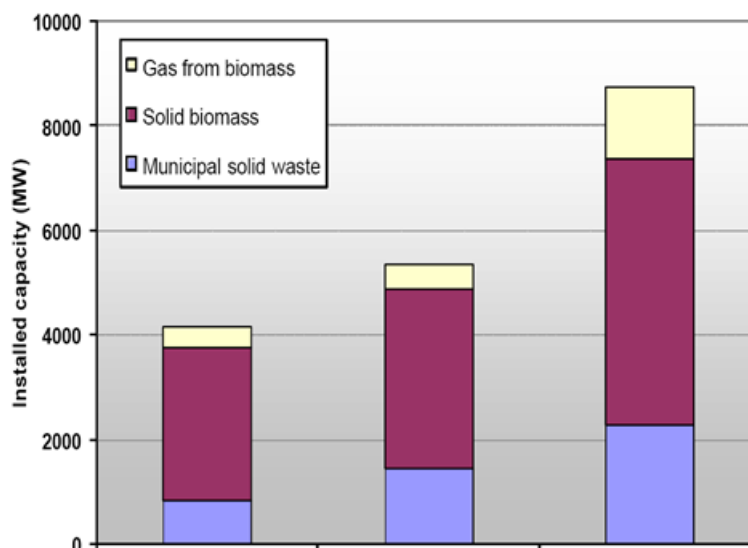


Рисунок 3.8 - Встановлена потужність енергетичних установок для виробництва електроенергії у країнах ЄС.

Протягом останнього десятиліття поступово зростала електрична потужність установок, які працюють на деревині. На рис.3.9 показано тенденцію зростання потужності таких установок у порівнянні з розвитком вітрових та інших відновлювальних джерел енергії в ЄС у період з 2015 по 2020 рік. Потужність установок, що використовують деревину, збільшилася на 74%, а середнє річне число робочих годин зросло близько на 1000 годин. Це можна пояснити, зокрема, тим, що установки комбінованого виробництва тепла і електрики почали споживати більше твердої біомаси, що сприяло загальному зростанню виробництва електроенергії. Потужність таких установок зростала в середньому на 8,2% на рік.

Тверда біомаса є головним джерелом біоелектроенергії в чотирьох країнах-членах ЄС: Чехії, Угорщині, Польщі та Словаччині. Найбільші

обсяги електроенергії з твердої біомаси виробляють Чехія та Польща, де у 2021 році було вироблено 381 ГВт·год та 402 ГВт·год, відповідно.

На рис 3.9. наведена динаміка зростання виробництва електроенергії із твердої біомаси.

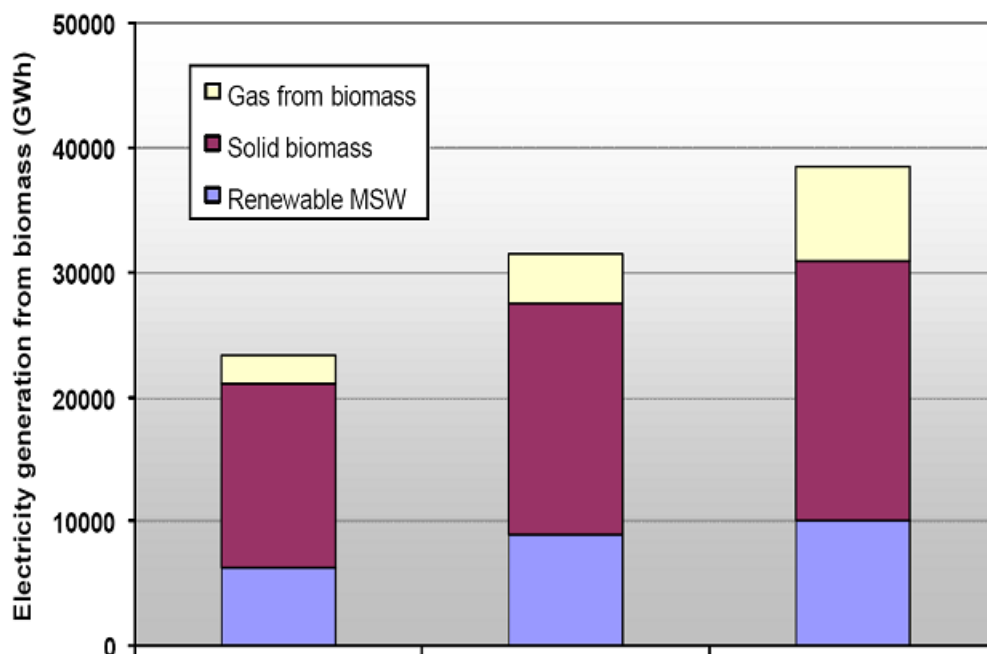


Рисунок 3.9 – Динаміка зростання виробництва електроенергії з твердої біомаси

У деяких країнах уведені компенсаційні тарифи при застосуванні біомаси для виробництва електроенергії. Розглянемо структуру дотаційних виплат на прикладі Німеччини (табл. 3.4), уведених в 2014 р.

Таблиця 3.4 – Дотаційні виплати у Німеччині

Базовий тариф	євроценти/кВтч
До 150 кВт	11,5
До 500 кВт	9,9
До 5 МВт	8,9
До 20 МВт	8,4
Розмір компенсаційної доплати	євроценти/кВтч
Розмір доплати для біомаси до 0,5 МВт	6
Розмір доплати для біомаси від 0,5 до 5 МВт	4 (для деревини: 2,5)
Інноваційні технології	2
Комбіноване виробництво теплової й електричної енергії (когенерація)	2

Однак, економічність біогазової установки визначити досить складно. Тому, у практиці після грубого аналізу, робиться деталізоване уточнення всіх витрат й одержання даних про користь проєкту. Кожен пристрій повинний ретельно плануватися й оптимально пристосовуватися до підприємства. При розрахунках необхідно мати більше реалістичні вартості, приміром, для витрат обслуговування, витрат на ремонт, а також витрат на виробництво поновлюваних видів рослин.

Стан розвитку біоенергетики в країнах ЄС і Україні демонструє значний потенціал, хоча рівень впровадження та використання біоенергетичних технологій суттєво відрізняється. У Європейському Союзі біоенергетика є ключовим компонентом у досягненні кліматичних цілей і зменшенні залежності від викопного палива. Завдяки активній підтримці держав, чіткій нормативній базі та значним інвестиціям, біоенергетика у ЄС швидко розвивається, забезпечуючи значну частку відновлюваної енергії у загальному енергетичному балансі.

В Україні біоенергетика також набуває популярності, однак її розвиток залишається на початкових етапах порівняно з європейськими країнами. Основними викликами є недостатнє фінансування, слабка нормативно-правова база та низька обізнаність суспільства про переваги біоенергетичних технологій. Водночас, наявність значних сільськогосподарських ресурсів і підвищений інтерес до енергонезалежності створюють перспективи для зростання сектора. Залучення інвестицій, впровадження державних програм підтримки та адаптація європейського досвіду можуть сприяти значному прогресу у розвитку біоенергетики в Україні.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3:

Ефективність використання біомаси для енергетичних цілей залежить не лише від ринкових умов, але й від того, як інтегровані енергетична, екологічна, а також сільськогосподарська і лісогосподарська політика, політика в сфері збору та утилізації відходів, промислового виробництва, міського розвитку та торгівлі. Тому плани розвитку виробництва біологічної електроенергії мають враховувати ці фактори.

Розглянуто стан використання біоенергетики в країнах Європейського Союзу та форми і методи підтримки урядами цих країн розвитку застосування біопалива.

У Франції, Греції, Ірландії, Люксембурзі, Португалії та Іспанії рівень компенсаційних тарифів для біомаси виявився недостатнім для значного розвитку сектора біоенергетики. Хоча ці країни застосовують певні підтримуючі механізми, їхні ставки не забезпечують ефективну основу для інтенсивного впровадження біомаси у виробництво електроенергії.

Водночас інші інструменти, такі як підтримка малопотужних установок і податкові пільги, можуть відігравати важливу роль у стимулюванні розвитку цього сектора, зокрема, мінімізуючи негативний вплив на ринок лісоматеріалів. Налагоджене управління процесами заготівлі та використання сільськогосподарських і лісових відходів може також сприяти більш ефективному використанню біомаси для енергетичних цілей.

Проаналізовані шляхи, які Європейський Союз, робить на підтримку використання біопалива та біомаси для виробництва тепла та електричної енергії. Основні ініціативи включають розвиток законодавчих актів, що стимулюють використання поновлюваних джерел енергії, таких як біомаса та біопаливо, на рівні країн ЄС.

Пропонується вдосконалення системи підтримки, зокрема через компенсаційні тарифи, податкові пільги та інвестиційні гранти, а також заохочення використання біопалива другого покоління. Зокрема,

рекомендується розширення застосування біопалива у транспорті та промисловості, забезпечення сприятливих умов для його використання в країнах ЄС та країнах, що розвиваються.

Розглянуто стан розвитку біоенергетики на теперішній час в країнах ЄС та в Україні.

ВИСНОВКИ Й РЕКОМЕНДАЦІЇ:

Використання деревини, біогазу та біопалива є важливими напрямками для забезпечення сталого енергопостачання та зменшення залежності від традиційних викопних ресурсів. Деревина як відновлюваний ресурс може бути використана для виробництва енергії та біопалива, що допомагає скоротити викиди парникових газів.

Біопаливо, зокрема біодизель та етанол, виготовлене з рослинної сировини, може стати альтернативою традиційним видам палива, знижуючи екологічний вплив і сприяючи розвитку аграрних та енергетичних секторів. Всі ці технології відкривають нові можливості для сталого розвитку і енергетичної безпеки.

Розвиток біоенергетики в Німеччині, Фінляндії та Швеції демонструє успішні приклади інтеграції відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи цих країн. Німеччина активно підтримує виробництво біоенергетики через високі компенсаційні тарифи, що стимулює розвиток сектору.

Загалом, ці країни показали ефективність політик, орієнтованих на зменшення залежності від викопних видів палива та збільшення частки відновлюваних джерел енергії, що також сприяло економічному розвитку, створенню нових робочих місць та покращенню екологічної ситуації.

Показано, що всі пристрої та установки такі, як: міні-ТЕЦ, міні-заводи, Біо-ТЕС мають низку переваг: високу екологічну ефективність, можливість використання місцевих відновлюваних ресурсів, зниження залежності від імпортованих енергоносіїв і зменшення викидів парникових газів. Вони сприяють енергетичній незалежності регіонів, знижують витрати на транспортування енергії та створюють нові робочі місця. Крім того, завдяки компактним розмірам, такі установки можуть бути розташовані в міських і сільських районах, що робить їх доступними для широкого застосування.

Ефективність використання біомаси для енергетичних цілей залежить не лише від ринкових умов, але й від того, як інтегровані енергетична,

екологічна, а також сільськогосподарська і лісогосподарська політика, політика в сфері збору та утилізації відходів, промислового виробництва, міського розвитку та торгівлі. Тому плани розвитку виробництва біологічної електроенергії мають враховувати ці фактори.

Розглянуто стан використання біоенергетики в країнах Європейського Союзу та форми і методи підтримки урядами цих країн розвитку застосування біопалива.

У Франції, Греції, Ірландії, Люксембурзі, Португалії та Іспанії рівень компенсаційних тарифів для біомаси виявився недостатнім для значного розвитку сектора біоенергетики. Хоча ці країни застосовують певні підтримуючі механізми, їхні ставки не забезпечують ефективну основу для інтенсивного впровадження біомаси у виробництво електроенергії.

Водночас інші інструменти, такі як підтримка малопотужних установок і податкові пільги, можуть відігравати важливу роль у стимулюванні розвитку цього сектора, зокрема, мінімізуючи негативний вплив на ринок лісоматеріалів. Налагоджене управління процесами заготівлі та використання сільськогосподарських і лісових відходів може також сприяти більш ефективному використанню біомаси для енергетичних цілей.

Проаналізовані шляхи, які Європейський Союз, робить на підтримку використання біопалива та біомаси для виробництва тепла та електричної енергії. Основні ініціативи включають розвиток законодавчих актів, що стимулюють використання поновлюваних джерел енергії, таких як біомаса та біопаливо, на рівні країн ЄС.

Пропонується вдосконалення системи підтримки, зокрема через компенсаційні тарифи, податкові пільги та інвестиційні гранти, а також заохочення використання біопалива другого покоління. Зокрема, рекомендується розширення застосування біопалива у транспорті та промисловості, забезпечення сприятливих умов для його використання в країнах ЄС та країнах, що розвиваються.

Стан розвитку біоенергетики в країнах ЄС і Україні демонструє значний потенціал, хоча рівень впровадження та використання біоенергетичних технологій суттєво відрізняється. У Європейському Союзі біоенергетика є ключовим компонентом у досягненні кліматичних цілей і зменшенні залежності від викопного палива. Завдяки активній підтримці держав, чіткій нормативній базі та значним інвестиціям, біоенергетика у ЄС швидко розвивається, забезпечуючи значну частку відновлюваної енергії у загальному енергетичному балансі.

В Україні біоенергетика також набуває популярності, однак її розвиток залишається на початкових етапах порівняно з європейськими країнами. Основними викликами є недостатнє фінансування, слабка нормативно-правова база та низька обізнаність суспільства про переваги біоенергетичних технологій. Водночас, наявність значних сільськогосподарських ресурсів і підвищений інтерес до енергонезалежності створюють перспективи для зростання сектора. Залучення інвестицій, впровадження державних програм підтримки та адаптація європейського досвіду можуть сприяти значному прогресу у розвитку біоенергетики в Україні.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Гелету́ха Г.Г. Українська біоенергетична асоціація. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://uabio.org/>
2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України, ІВЕ НАН України, 2020, 163с.
3. Постачання та використання енергії. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
4. Забарний Г. М., Кудря С. О., Кондратюк Г. Г., Четверик Г. О. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України // ІВЕ НАН України. К.: 2016. 226 с.
5. Biodiesel Production Set to Drop 2.8 Mn T in 2020 [Електронний ресурс]. - Режим доступу до джерела: <https://www.oilworld.biz/>
6. The significance and perspective of biodiesel production – A European and global view [Електронний ресурс]. - Режим доступу до джерела: https://www.ocljournal.org/en/articles/ocl/full_html/2019/01/ocl190042s/ocl190042s.html
7. Рослинництво України [Електронний ресурс]. - Режим доступу до джерела:
http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/04/zb_rosl_2018.pdf
8. Калетнік, Г. М. Виробництво та використання біопалив: підручник. М-во освіти і науки України, М-во аграр. політики та продовольства України, ВНАУ. Вінниця: Консоль, 2015. 405 с.
9. Malmgren A., Riley G. Biomass power generation. Comprehensive Renewable Energy, vol. 5, 2016, pp.27–53.
10. Yarosh Y., Golub G., Kukharets S. etc. Experimental study of wood gasoperated power plant operation. Proceedings of International conference “Engineering for rural development 2019”, May 22-24, 2019, Jelgava, Latvia, pp. 1337-1343. [online] [20.05.2019]. Available at:<http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N071.pdf>

11. Holubenko A., Tsyvenkova N., Nezdvetskaya I., Pluzhnikov O. The results of investigation of corrosion processes in gasifier when gasifying fuels containing straw and lignin. Proceedings of International conference “Engineering for rural development 2019”, May 22-24, 2019, Jelgava, Latvia, pp. 1415-1422. [online] [20.05.2019]. Available at:

<http://www.tf.llu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N148.pdf>

12. Mac an Bhaird S., Walsh E., Hemmingway P. etc. Analysis of bed agglomeration during gasification of wheat straw in a bubbling fluidised bed gasifier using mullite as bed material. Powder Technology, vol. 254, 2014, pp. 448–459. doi: 10.1016/j.powtec.2014.01.049

13. Barmina I., Valdmanis R., Zake M., etc. Development of gasification/combustion characteristics at thermo-chemical conversion of biomass mixtures. Proceedings of International conference “Engineering for rural development 2017”, May 24-26, 2017, Jelgava, Latvia, pp. 54-59. [online] [24.05.2017]. Available at:

<http://tf.llu.lv/conference/proceedings2017/Papers/N011.pdf>

14. Decision of the Ministerial Council of the Energy Community D/2009/04/ MC-EnC on the accession of Ukraine to the Energy Community Treaty, Zagreb, 18 December 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.energycommunity.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/490178/0633975AABDC7B9CE053C92FA8C06338.PDF

15. Energy Technology Perspectives. 2014. Harnessing Electricity’s Potential. OECD/IEA: International Energy Agency. 2014. 380 p.

16. World Energy Investment Outlook. Special Report. OECD/IEA: International Energy Agency. 2018. 185 p.

17. Державна служба статистики. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://uabio.org/materials/9378/>.

18. Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року і План дій до 2025 року. Електронний ресурс. Режим доступу:

<https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/Zvit-D5.-Dorozhnya-karta-rozvytku-bioenergetyky-vUkrayini-do-2050-roku-i-Plan-dij-do-2025.pdf>.

19. Електронний ресурс. Режим доступу:
<https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2021/01/18/670044/>.