

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Технології утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

Завідувач кафедри

Пляцук Л. Д.

_____ (підпис)

Керівник роботи

Рой І. О.

_____ (підпис)

Консультант
з охорони праці

Васькін Р. А.

_____ (підпис)

Виконавець
студент групи

Бойко А. А.

_____ (підпис)

Суми 2021

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природоохоронних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту _____ Бойко Альоні Анатоліївні _____ Група _____ ТС-71
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ Технології утилізації рослинних відходів
в енергетичних цілях _____

2. Вихідні дані до роботи _____ статистичні дані, патенти, законодавчі та нормативні
акти, національні стратегії, директиви, наукові статті, літературні джерела _____

3. Перелік обов'язково графічного матеріалу: _____

1) система поводження з відходами в Україні та структура відходів; _____

2) прогнозні обсяги утворення відходів рослинного походження; _____

3) досвід утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях; _____

4) аналіз технологій утилізації рослинних відходів з урахуванням показників
екологічної безпеки. _____

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Огляд літератури за темою	+	+	+			
2	Розділ 1	+					
3	Розділ 2		+	+			
4	Розділ 3			+	+	+	
5	Розділ 4					+	
6	Оформлення, захист						+

Дата видачі завдання _____ 29 березня 2021 р. _____

Керівник _____

(підпис)

ст. викл., Рой І. О.

(посада, прізвище, ім'я, по батькові)

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 40 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 64 сторінки у тому числі 13 таблиць, 24 рисунки, перелік джерел посилання 5 сторінок.

Мета роботи полягає в аналізі сучасних технологічних рішень з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях з урахуванням показників екологічної безпеки.

Відповідно до зазначеної мети у роботі вирішені наступні *завдання*:

– провести порівняльний аналіз шляхів утилізації рослинних відходів, які отримали широке застосування в Україні та визначити стратегічні напрямки утилізації рослинних відходів в сфері поводження з відходами;

– визначити структуру утворюваних відходів рослинного походження, побудувати прогнози щодо очікуваних обсягів їх утворення та оцінити перспективність застосування рослинних відходів в енергетичних цілях;

– дослідити вплив на навколишнє природне середовище технологій утилізації рослинних відходів, які використовуються для виробництва електричної та/або теплової енергії;

– запропонувати шляхи зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при використанні когенераційних енергоустановок, які забезпечують одночасну утилізацію рослинних відходів всіх типів.

Об'єктом дослідження є вплив технологій утилізації рослинних відходів на навколишнє природне середовище.

Предмет дослідження – екологічно безпечні технології з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях, спрямовані на зниження обсягів викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище та раціональне використання енергетичних ресурсів.

Методи дослідження: аналітичний огляд літературних джерел, узагальнення і статистичний аналіз інформації, систематизація, аналіз літературних та інтернет-джерел.

Ключові слова: ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ, ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС, СПАЛЮВАННЯ, БІОГАЗ, ВИКИДИ, КОГЕНЕРАЦІЯ.

ВСТУП

З розвитком економіки країни зростає споживання енергії всіх видів: електрична, теплова, паливо. Промислове виробництво, ТЕС, робота двигунів внутрішнього згоряння потребують постійного притоку енергії. При цьому основним способом одержання енергії є спалювання викопного палива – вугілля, природний газ; бензин тощо. На відміну від поновлюваних джерел енергії, викопні енергоносії швидко вичерпуються. Робота автомобільних двигунів, промислового обладнання та теплостанцій призводить до збільшення викидів вуглекислого газу, який, як відомо, є одним з парникових газів. Зниження викидів CO₂ шляхом переходу на поновлювані джерела енергії і зменшення енергоємності виробництв – перспективні шляхи боротьби зі зміною клімату [38, 39].

Неконтрольоване утворення рослинних відходів призводить до збільшення навантаження на навколишнє природне середовище та потребують великих витрат на утилізацію або захоронення. Під відходами тут слід розуміти головним чином відходи сільськогосподарського сектора, підприємств харчової та деревообробної промисловості.

Отримання біогазу з органічних залишків аграрного сектора один з пріоритетних векторів розвитку зеленої енергетики. Енергія, яку отримують з біомаси, стає реальною заміною "класичного" вуглеводневого палива. З урахуванням того, що економіка країни значною мірою залежить від викопних джерел, а також відповідно до міжнародних директив, Україна активно працює у напрямку розвитку відновлюваної енергетики. У свою чергу, Енергетична стратегія України на період до 2035 року передбачає до 25% енергії, виробленої з відновлювальних джерел, в т. ч. з біогазу [6, 11, 27].

З огляду на, що вартість викопних ресурсів зростає, а їх кількість в природі обмежена, розвиток альтернативної енергетики є неминучим. До цього

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

5

в різних галузях народного господарства призвели до того, що в Україні щороку нагромаджуються значні обсяги твердих відходів, з яких лише незначна частина застосовується як вторинний ресурс.

Відмінною рисою проблеми поводження з відходами в Україні, порівняно з іншими розвинутими країнами полягає у відсутності інфраструктури поводження з ними [27, 35, 40]. Загалом система поводження з відходами характеризується тенденціями, наведеними на рисунку 1.1.

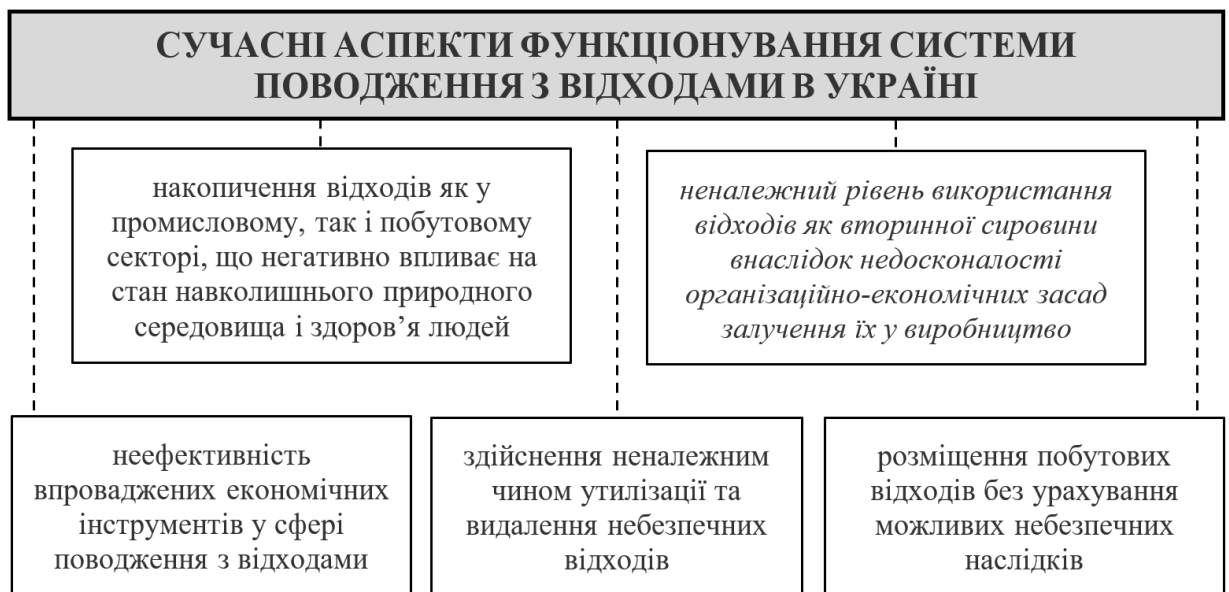


Рисунок 1.1 – Особливості поводження з відходами в Україні

Так із урахуванням значних обсягів щорічно утворюваних та накопичених в Україні відходів першочергового впровадження потребують заходи з підвищення рівня використання відходів як вторинної сировини із залученням їх у виробництво. Особливо актуальними є пошук, підбір, розробка ефективних технологічних рішень та заходів, спрямованих на запобігання їх утворенню, утилізації, знешкодження та екологічно безпечного видалення. Розв'язання зазначеної проблеми має високий потенціал для забезпечення енерго- та ресурснезалежності держави, раціонального використання природних матеріальних та енергетичних ресурсів [15, 27, 36].

Так із урахуванням поглиблення екологічної кризи і загострення соціально-економічної ситуації схвалено національну стратегію управління відходами в

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Україні до 2030 року (розпорядження КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р).
 Пріоритетні види відходів, їх види та складові, наведені на рисунку 1.2.

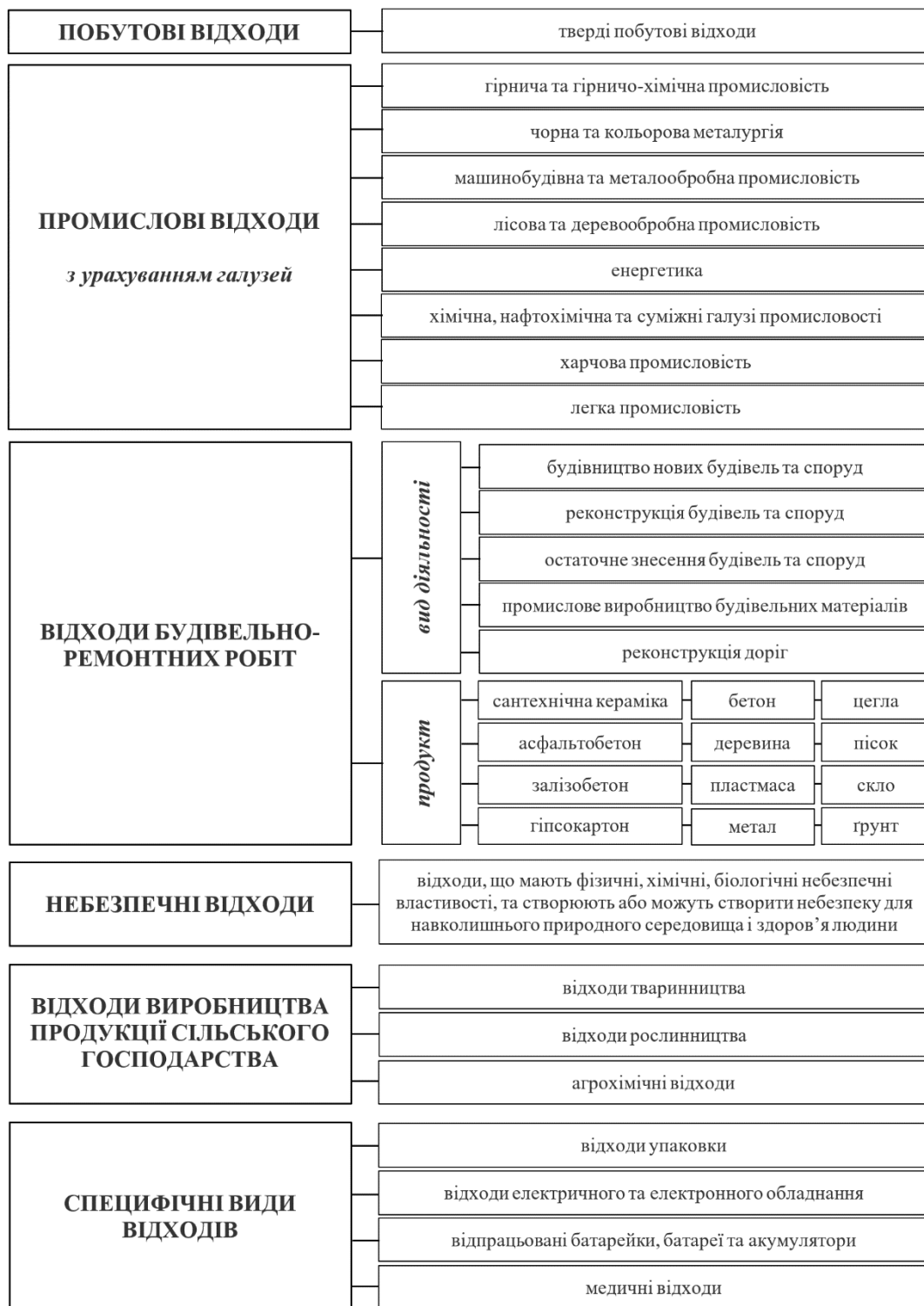


Рисунок 1.2 – Класифікація відходів в Україні

Стратегія управління відходами в Україні в першу чергу враховує вітчизняний та світовий досвід з питань використання природних ресурсів у

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

цілому та управління відходами зокрема [16, 27]. Відповідно до зазначеної стратегії розроблення вискоєфективних та екологічно безпечних технологічних рішень є одним із пріоритетних напрямів її реалізації, рисунок 1.3.

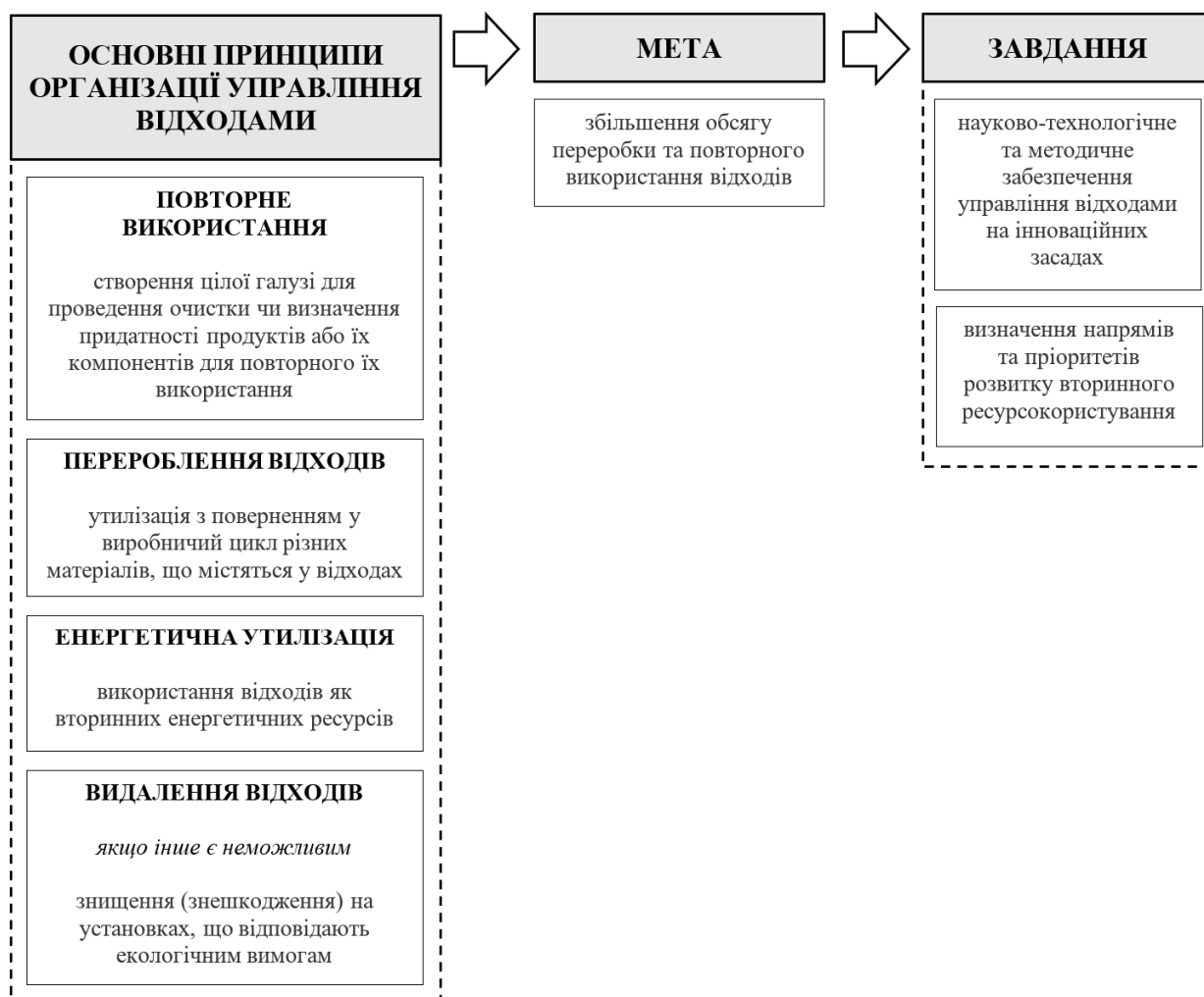


Рисунок 1.3 – Технологічна складова стратегії управління відходами в Україні до 2030 року

Таким чином, з огляду на стратегію управління відходами в Україні, реалізація якої запланована до 2030 року, варто зазначити, що крім прийняття цілого ряду управлінських рішень (затвердження нормативної бази, розподіл обов'язань, визначення видів відповідальності та інше), важливою та головне невід'ємною є технологічна складова. Вона набуває особливо важливого значення при поводженні з відходами виробництва продукції сільського господарства.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

1.2 Відходи виробництва продукції сільського господарства

Розвиток агропромислового сектору та розширення територій сільськогосподарських угідь призвели до зростання кількості щорічно утворюваних відходів [10, 35]. Потенційними джерелами негативного впливу на навколишнє природне середовище є:

- органічні відходи рослинництва;
- органічні відходи тваринництва та птахівництва;
- біовідходи (трупи тварин та птиці);
- залишкова кількість добрив, хімічних та біологічних засобів для захисту рослин, ветеринарних препаратів.

У загальній структурі відходів, які утворюються в Україні, відсоток утворення відходів сільського господарства становить не більше 2-х відсотків усіх відходів I–IV класу небезпеки, таблиця 1.1 та рис. 1.4. Згідно з усередненими даними статистичних спостережень з 2010 по 2020 рік найбільш тонажними відходами є відходи рослинного походження, таблиця 1.2 та рисунок 1.5.

Таблиця 1.1 – Структура відходів, які утворюються в Україні [10], тис. т

Вид діяльності	Роки					Усереднене значення	Частка у %
	2010	2015	2017	2018	2019		
Сільське, лісове та рибне господарство	8568.2	8736.8	6188.2	5968.1	6750.5	7242.36	1.9
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	347688.1	257861.9	313738.2	301448.9	390563.8	322260.2	84.9
Переробна промисловість	50011.7	31000.5	32176.7	31523.2	30751.8	35092.78	9.2
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	8641.0	6597.5	6191.7	6322.7	5959.2	6742.42	1.8
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	1698.7	594.2	408.7	397.4	411.8	702.16	0.2
Будівництво	329.4	376.2	493.8	378.8	188.7	353.38	0.1
Інші види економічної діяльності	2254.7	1047.2	998.7	751.3	994.0	1209.18	0.3
Від домогосподарств	6722.4	6053.3	5858.0	5543.5	5896.7	6014.78	1.6
Усього	425914.2	312267.6	366054.0	352333.9	441516.5	379617.2	100

Інв.№подл.	Підпис і дата
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк
						11



Рисунок 1.4 – Частка відходів виробництва продукції сільського господарства в загальній структурі відходів, які утворюються в Україні

Варто відзначити що не дивлячись на те що відходи сільського, лісового та рибного господарства у загальній структурі відходів складають всього-на-всього до 2 %, проблема такого типу відходів залишається актуальною. В стратегії управління відходами в Україні до 2030 року зазначена необхідність реалізації низки організаційних та технологічних рішень з утилізації даного виду відходів, зокрема в енергетичних цілях [27].

Таблиця 1.2 – Структура відходів виробництва продукції сільського господарства, які утворюються в Україні [10], тис. т

Вид відходів	Роки				Усереднене значення	Частка у %
	2015	2017	2018	2019		
Відходи тваринного походження та змішані харчові відходи	897.0	587.6	607.5	441.0	633.275	5.0
Відходи рослинного походження	7742.3	8782.3	7829.3	8068.6	8105.625	64.3
Тваринні екскременти, сеча та гній	4938.0	3653.4	3233.8	3612.9	3859.525	30.6
Усього	13577.3	13023.3	11670.6	12122.5	12598.43	100

Інв.№подл. Підпис і дата
 Взаєм.інв.№ Підпис і дата
 Інв.№дубл. Підпис і дата

Ви Арк № докум. Підпис Дата

ТС 17510008

Арк
12

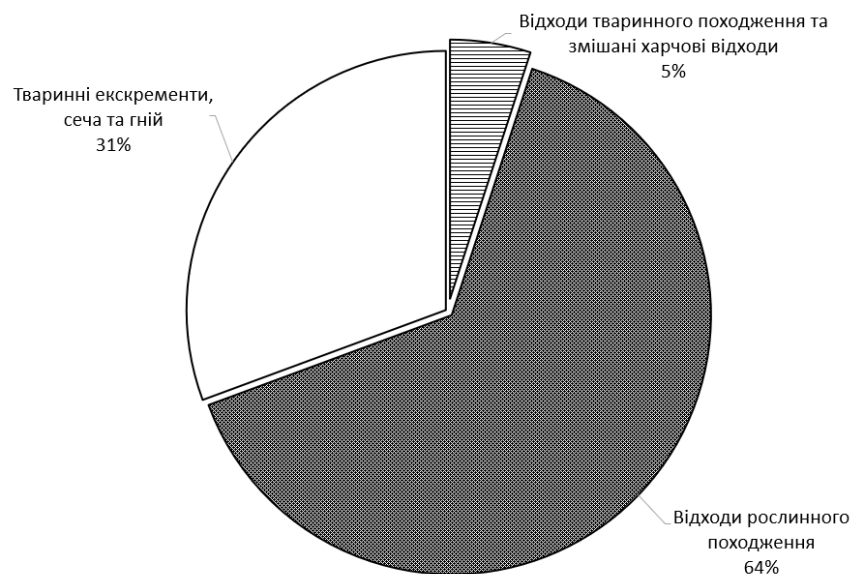


Рисунок 1.5 – Співвідношення відходів виробництва продукції сільського господарства

Аналіз статистичних даних [10] по яким розраховано усередині значення за останні 5 років дозволив встановити, що найбільшу частку серед відходів сільського господарства складають саме відходи рослинного походження. У загальній структурі відходів виробництва продукції сільського господарства відходи рослинного походження становлять близько 64 відсотків. Вирішення проблеми подальшого поводження саме з рослинними відходами становить першочергову задачу яка стоїть перед окремими господарствами та країни вцілому.

З метою аналізу масштабу проблеми утворення відходів рослинного походження та оцінки очікуваних обсягів їх утворення побудовано прогноз до 2030 року з використанням вбудованої функції «тенденція» в програмному продукті MS Excel. Прогнози побудовані із урахування двох змінних: обсяг утворюваних відходів рослинного походження та час. За відправну точку прогнозу прийняті обсяги відходів за 2020 рік, що обумовлено наявністю останніх статистичних даних за 2019 рік. При цьому, для отримання ретроспективного прогнозу на 2020 – 2030 роки, використані дані за останні 5 років.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Під час побудови прогнозу встановлено довірчий інтервал, який визначав діапазон навколо кожної прогнозованої величини, в який відповідно до прогнозу (при нормальному розподіленні) з ймовірністю в 13 % повинні потрапити дані, які відносяться до прогнозу до 2030 року. Розмір довірчого інтервалу, а саме його нижня та верхня межа, прийняті як можливі сценарії прогнозу. При цьому нижня межа довірчого інтервалу виступає як позитивний прогноз – зниження темпів утворення відходів, в той же час верхня межа довірчого інтервалу виступає у якості негативного прогнозу – збільшення темпів утворення відходів рослинного походження.

Результати побудованого прогнозу представлені на рисунку 1.6, де суцільна лінія відображає центральну тенденцію між нижньою та верхньою межею довірчого інтервалу. Не зважаючи на варіацію фактичних показників утворення відходів рослинного походження з 2015 по 2019 рік, загальна щорічна тенденція утворення відходів є відносно стійкою та знаходиться майже на одному рівні (таблиця 1.2).

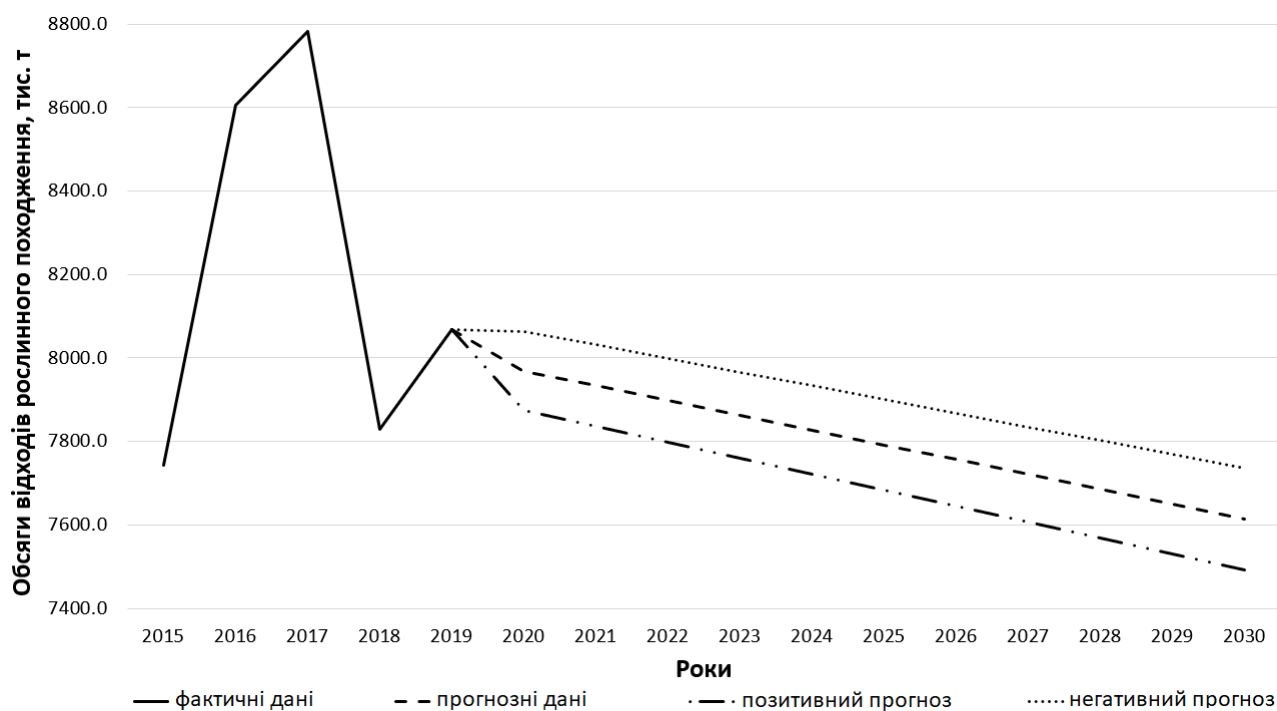


Рисунок 1.6 – Прогнозні обсяги утворення відходів рослинного походження

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Підпис і дата
Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Основні операції поводження з відходами, які активно застосовуються в Україні [10], представлена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Операції поводження з відходами в Україні, тис. т

Операція	Роки					Усереднене значення за останні роки
	2010	2015	2017	2018	2019	
Спалювання	1058,6	1134,7	1064,3	1028,6	1059,0	1050,6
<i>у т. ч. з метою отримання енергії</i>	<i>840,3</i>	<i>1083,3</i>	<i>1008,5</i>	<i>951,2</i>	<i>960,1</i>	<i>973,3</i>
Утилізація	145710,7	92463,7	100056,3	103658,1	108024,1	103912,8
Видалення у спеціально відведені місця чи об'єкти	313410,6	152295,0	169801,6	169523,8	238997,2	192774,2
Знешкодження	...	2616,0	248,8	212,2	379,9	280,3
Розміщення на стихійних звалищах	87,4	14,4	3,7	2,5	3,4	3,2
Експортовано	281,3	675,4	261,8	190,8	260,6	237,7
Вилучено внаслідок витікання, випаровування, пожеж, крадіжок	1367,6	6,5	19,5	6,7	12,0	12,7
Видалено іншими методами видалення	24318,0	55248,14	55360,1	57674,1	57503,1	56845,8

Розраховані відносні показники структури операцій поводження з відходами (таблиця 1.3) свідчать про те що основна частина відходів до 55 % видалається у спеціально відведені місця чи об'єкти та лише 29 % відходів піддаються утилізації. Варто відзначити що 0,3 % відходів спалюються з метою отримання енергії.

Дослідження напрямів утилізації відходів в Україні показало, що відходи утилізуються за 13-ма напрямками, таблиця 1.4.

Таблиця 1.4 – Структура утилізації відходів в Україні, тис. т.

Вид	Роки					% по усередненим даним
	2010	2015	2017	2018	2019	
Всього утилізовано	145710,7	92463,7	100056,3	103658,1	108024,1	100
Утилізація / регенерація розчинників	330,6	65,3	82,1	103,9	137,1	0,104
Рециркуляція / утилізація органічних речовин, що не застосовуються як розчинники	1407,5	443,2	4357,9	397,6	474,8	1,678

Підпис і дата
 Іне.№дубл.
 Взаєм.іне.№
 Підпис і дата
 Іне.№подл.

Продовження таблиці 1.4

Компостування органічних відходів	147,4	651,1	755,2	671,6	619,8	0,657
Ферментація органічних відходів	295,8	86,7	68,1	88,5	77,7	0,075
Переробка паперу та картону	...	24,0	31,6	0,3	0,3	0,010
Рециркуляція / утилізація металів та їх сполук	5921,2	6515,8	5445,2	5798,9	5592,7	5,401
Рециркуляція / утилізація інших неорганічних матеріалів	109629,8	58958,1	46294,3	55930,2	58763,3	51,642
Регенерація кислот і основ	33,6	0,4	2,8	0,8	1,0	0,001
Рекуперація компонентів, що використовуються для зменшення забруднення	6125,2	13718,7	29228,1	26649,4	27348,7	26,697
Рекуперація компонентів каталізаторів	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	0,001
Повторна перегонка використаних нафтопродуктів чи інше їх повторне використання	99,3	29,0	16,5	12,5	14,7	0,014
Обробка ґрунту, що справляє позитивний вплив на землеробство чи поліпшує екологічну обстановку	9244,5	10763,3	12480,0	12320,3	13263,0	12,210
Використання відходів, отриманих від будь-якої з вищеперелічених операцій	6438,5	1208,1	1291,4	1684,1	1731,0	1,510

Аналіз даних таблиці 1.4 доводить, що найбільша кількість відходів, які утилізуються шляхом рециркуляції є неорганічні відходи (до 52 %). При цьому варто відмітити, що основними шляхами утилізації органічних відходів (у т. ч. рослинних) залишаються компостування та ферментація. Однак частка відходів, які підлягають ферментації, залишається суттєво нижчою у порівнянні з обсягами відходів які компостуються – відповідно 77,7 тис. т проти 619,8 тис. т.

Аналіз загальних даних щодо поводження із відходами різного походження доводить що в Україні основна маса відходів підлягають захороненню, без їх подальшого використання в якості вторинної сировини. Виключення становлять відходи рослинного походження, які підлягають захороненню або спалюванню з

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк
						17

- використання відходів рослинного походження для виробництва кормів та матеріалів;
- компостування відходів рослинного походження.

Таблиця 1.6 – Напрямки удосконалення системи поводження з відходами рослинного походження в Україні, тис. т

Група напрямів	Заходи
прийняття нормативно-правових актів	встановлення відповідності у визначенні класифікаційних ознак відходів, передбачених законодавством України та Європейського Союзу
	розроблення технічних та технологічних інструкцій із зберігання і оброблення різних категорій сільськогосподарських відходів
	визначення можливостей для використання біомаси відходів сільського господарства для виробництва енергії
	стимулювання впровадження компостування відходів, що утворюються в невеликих сільських господарствах
	запровадження ефективних заходів впливу за порушення встановлених вимог законодавства до поводження з відходами сільського господарства
	створення умов для належного поводження з відходами сільського господарства рослинного походження
використання для виробництва енергії	встановлення заборони відкритого спалювання відходів сільського господарства, включаючи випалювання сухої рослинності, спалювання в установках, не обладнаних системами очищення газів, а також в установках, не призначених для регенерації енергії
	розроблення і впровадження економічних для заохочення збирання, транспортування і використання відходів сільського господарства рослинного походження як сировини для спалювання разом з вугіллям на теплових електростанціях
	проведення досліджень щодо можливості запровадження комбінованих процесів виробництва тепла і електроенергії з використанням виключно відходів рослинного походження як сировини
	створення умов для впровадження процесів анаеробного розкладення відходів рослинного походження у суб'єктів господарювання сільськогосподарського сектору
використання для виробництва кормів та матеріалів	підтримка генерування електроенергії за допомогою установок анаеробного розкладення відходів рослинного походження шляхом впровадження системи гарантованих мінімальних тарифів ("зелений тариф") на електроенергію, вироблену за допомогою таких установок, яка подається в електричну мережу
	розроблення та впровадження механізмів надання дотацій на збирання і транспортування рослинних відходів, придатних для виробництва кормів для відгодівлі тварин
компостування	розроблення та впровадження механізмів надання дотацій на збирання і транспортування рослинних відходів, придатних для виробництва кормів для відгодівлі тварин
	розроблення та встановлення вимог до внесення компосту в ґрунт, в тому числі щодо здійснення контролю за якістю ґрунтів

Інв.№подл.	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

19

технологічних операцій і застосування тих або інших технічних засобів суттєво залежить від фізико-хімічних властивостей відходів та річних обсягів їхнього надходження [35]. Застосування компостування на промислових виробництвах для переробки рослинних відходів, економічно невиправдано через високу вартість обладнання, а в більшості випадків є неможливим через непристосованість їх робочих елементів до роботи з рослинними відходами, які не пройшли попередню підготовку [5].

Підпис і дата																										
Інв.№подл.		Підпис і дата		Взаєм.інв.№		Інв.№дубл.																				
Ву	Арк	№ докум.	Підпис	Дата																						
ТС 17510008																							Арк			
21																										

РОЗДІЛ 2 ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ

Відходи рослинного походження, які утворюються (виросшуються) регулярно, а їх використання в якості джерела енергії не супроводжується зменшенням кількості зелених насаджень в регіоні, є відновлювальним ресурсом і вважається екологічно нейтральним, тобто має нульовий баланс викидів вуглекислого газу. До рослинних відходів відносять біологічно відновлювальні речовини органічного походження (відходи сільського господарства, лісового господарства та технологічно пов'язаних з ним галузей народного господарства).

2.1 Світовий та вітчизняний досвід використання рослинних відходів в енергетиці

Життєдіяльність людини постійно супроводжується утворенням значних обсягів органічних відходів – побутове сміття, каналізаційні стоки, відходи рослинного походження (соллома, лушпиння, тирса, гілки, листя тощо). Звалища рослинних відходів навколо населених пунктів займають великі площі земель, та є джерелами забруднення повітря, ґрунту та водних об'єктів. В той же час розроблені та успішно застосовуються на практиці екологічно безпечні технології, що дозволяють отримувати теплову та/або електричну енергію з відходів такого походження [6, 13, 15, 19, 20, 22, 33, 34, 38, 39]. Перспективною технологією переробки рослинних відходів є добування біогазу із застосуванням метанобактерій. Метанобактерії активно розмножуються в органічних рештках, продукуючи біогаз (метан та чадний газ) в результаті своєї життєдіяльності [12, 14, 21, 30]. Останнім часом застосування отримують технології добування палива з органічних речовин, що продукуються рослинами [17, 25].

Інв.№подл.		Підпис і дата		Взаєм.інв.№		Інв.№дубл.		Підпис і дата	

У Бразилії з цукрової тростини (відходи виробництва цукру) добувають технічний спирт, який використовується у якості палива для автомобілів. В Австралії успішно виготовляють «зелену нафту» – продукт переробки мікроскопічних водоростей, які вирощуються в штучних умовах [11, 17].

Останнім часом спостерігається тенденція до збільшення частки використання рослинних відходів для отримання енергії, шляхом її безпосереднього спалювання в спеціальних котлах [3, 20, 22, 32]. З метою забезпечення високої ефективності та безперервності процесу, проводять попереднє гранулювання або брикетування відходів. Розроблені високоефективні твердопаливні котли для спалювання рослинних відходів – соломи, лушпиння, качанів та ін.

Необхідно також відмітити, що Україна має умови для високопродуктивного виробництва біопалива [10, 17, 25]. Підтвердженням цьому є запаси земельних ресурсів і рослинний потенціал. Статистичні дані дають підстави стверджувати що потенціал біомаси в Україні, достатній для виробництва рідких біопалив (біоетанолу і біодизелю). Річний досяжний енергетичний потенціал біопалива в Україні знаходиться в межах 1 млн. т н.е., що може дозволити щорічно заощаджувати до 1,5 млрд. м³ природного газу. Найбільший потенціал біопалива зосереджений у Полтавській та Вінницькій областях (90 тис. т н.е./рік) [10, 11, 20].

Останніми роками спостерігається загальна світова тенденція до підвищення цін на енергоресурси. До того ж залежність України від постачання енергоресурсів із інших країн робить її уразливою щодо забезпечення енергетичної незалежності. В таких умовах важливого питання набуває проблема ефективного застосування поновлюваних (альтернативних, відновлюваних) джерел енергії, зокрема – енергія вітру, Сонця, геотермальна енергія, біоенергетика та ін [11, 27]. Слід зазначити, що енергія цих джерел змінна в часі та просторі і не є абсолютно самовідновлювальною. Такі джерела «розсіяні» на великих територіях і не сконцентровані в певних місцях. Тому вони

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

можуть бути ефективно використані лише в безпосередній близькості від споживача. Ресурси деяких поновлюваних джерел енергії України приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Ресурси поновлюваних джерел енергії в Україні [11]

Джерело енергії	Теоретичний потенціал, МВт год за рік	Технічний потенціал		Реально можливий об'єм використання	
		МВт год за рік	т умов. палива	МВт год за рік	т умов. палива
Геліоресурси	$720 \cdot 10^9$	$0,44 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$	$40 \cdot 10^9$	$3,8 \cdot 10^6$
Вітроенергетика	$965 \cdot 10^9$	$0,36 \cdot 10^9$	$70 \cdot 10^9$	$8,4 \cdot 10^6$	$8,6 \cdot 10^6$
Геотермальна енергетика	$5128 \cdot 10^9$	$14 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$2800 \cdot 10^6$	$230 \cdot 10^6$
Енергетика с/г відходів	$12,5 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$
Гідроенергетика	$43,4 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$

Зміну структури ресурсів, які знаходять застосування для забезпечення енергетичних потреб у світі [29], зображено на рисунку 2.1. Спостерігається тенденція до зменшення частки невідновлювальних джерел енергії і збільшення частки відновлювальних. Аналогічна тенденція спостерігається і для України, однак її темпи залишаються невисокими, а частка поновлюваних джерел енергії у загальній структурі енергетики країни становить лише 7,2 % [29], що одним із найнижчих показників у світі (8-е місце з кінця), рисунок 2.2.

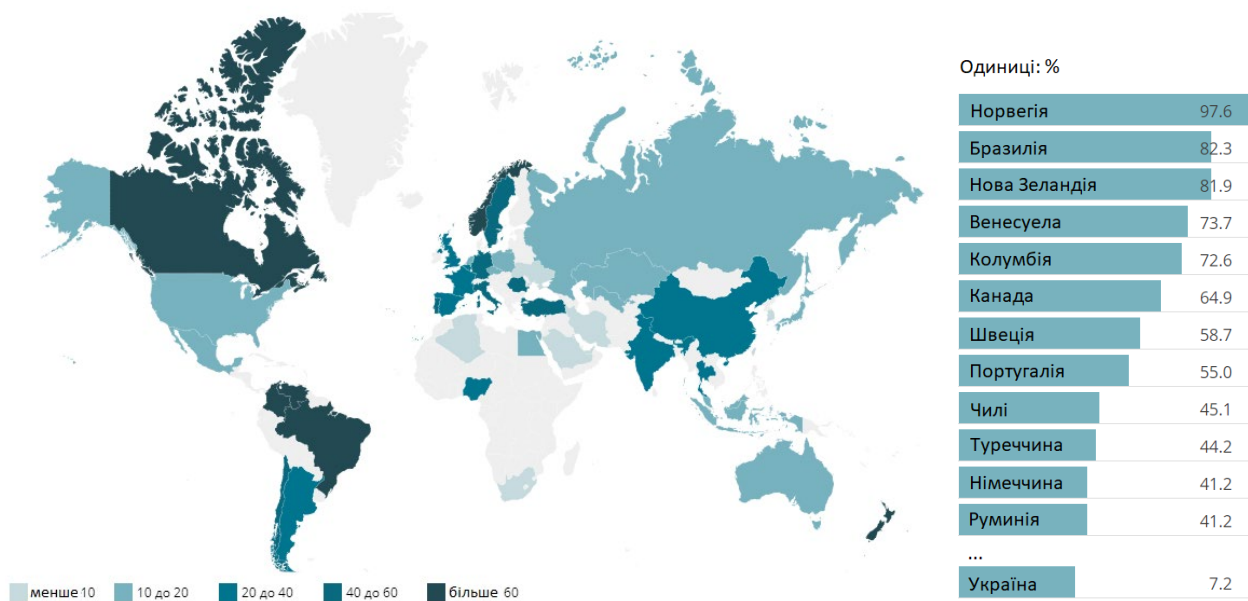


Рисунок 2.1 – Частка використання поновлюваних джерел енергії у світі

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

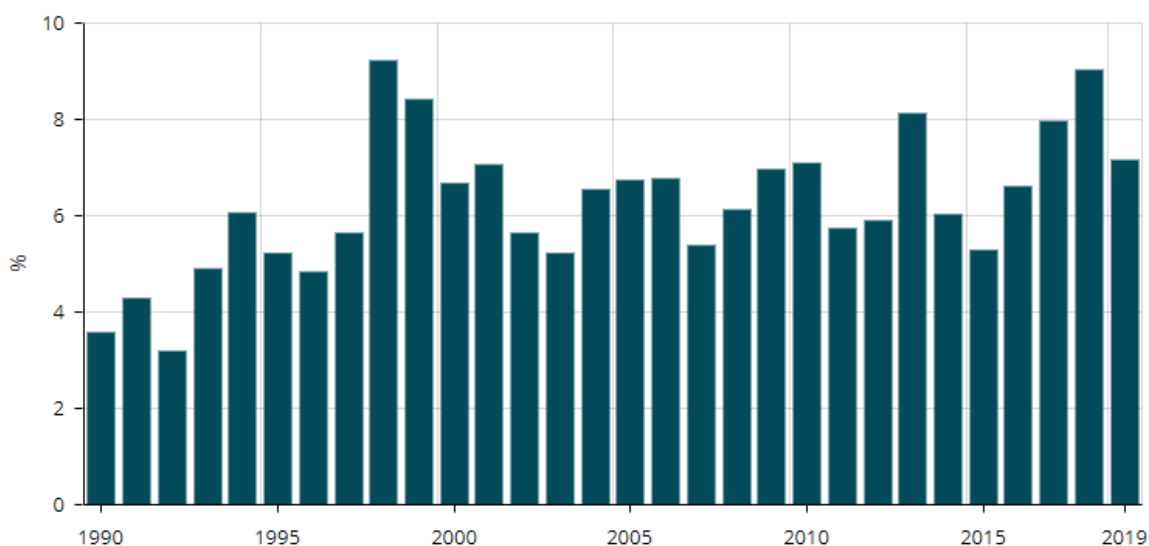


Рисунок 2.2 – Динаміка частки поновлюваних джерел енергії при виробництві електроенергії в Україні

В Україні 98% всієї енергії, що виробляється з поновлюваних джерел енергії, припадає на енергію вітру, сонця та води. Високий потенціал для розвитку має енергія біомаси, яка широко використовується у всьому світі [10]. Хоча наразі частка біомаси серед поновлюваних джерел енергії становить лише 2%. Біоенергетика має великий потенціал і є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії та одним із перспективних джерел чистої енергії в Україні. Останнє особливо актуальне в умовах високої залежності країни від імпортованих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу. Щорічно в Україні для виробництва енергії використовується близько 2 млн. т у.п./рік біомаси різних видів [10, 19–24]. Деревина займає найвищий відсоток використання – 80%, тоді як для інших видів біомаси (за винятком лушпиння соняшника) цей показник на порядок нижче. Найменш активно (на рівні 1%) реалізується енергетичний потенціал соломи зернових культур [11].

Так основним способом утилізації рослинних відходів в Україні залишається пряме спалювання відходів з отриманням електричної або теплової енергії. На даний час в Україні реалізовано ряд проектів, більшість з яких представляють собою котельні або міні ТЕЦ, потужність яких досягає до 23 МВт, таблиця 2.2. Однак більшість з них представляють собою малопотужні енергетичні

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

25

комплекси з потужністю до 6 МВт. Основними видами рослинних відходів, які знайшли застосування являються деревина, відходи деревини, пелети та відходи соняшника [10, 11, 28].

Таблиця 2.2 – Узагальнена характеристика енергетичних комплексів в Україні, які працюють на відходах рослинного походження [11, 28]

Об'єкт	Розташування	Потужність, кВт	Опис
Котельня системи централізованого теплопостачання	м. Івано-Франківськ, Івано-Франківська область	3400	Виробництво теплової енергії з метою заміщення природного газу. Встановлено котли на біопаливі загальною потужністю 3,4 МВт. Паливо: деревина, тріска та тирса
Клембівська ТЕС на біомасі	с. Клубівка, Хмельницька область	6000	Паливо: деревна тріска, пелети з лушпиння соняшника та тріска соломи, кукурудзи.
Котельня на біопаливі	с. Зарічани, Житомирська область	2500	Виробництво теплової енергії з метою заміщення природного газу. Для обігріву приміщень та гарячого водопостачання на території Житомирської обласної психіатричної лікарні. Паливо: деревна тріска.
Поліська ТЕС	м. Овруч, Житомирська область	5900	Об'єкт забезпечує безперебійну подачу електроенергії в період пікових навантажень. Паливо: тріска, неликвідні дрова, енергетична верба.
ТЕС ТОВ «КЛІАР ЕНЕРДЖІ»	м. Корюківка, Чернівецька область	3500	Безперебійна подача електроенергії в період пікових навантажень. Паливо: відходи деревини після санітарної очистки лісів, та залишки від деревообробної промисловості.
Комбінована котельня	Полтавська область	3000	Виробництво теплової енергії з метою заміщення природного газу. Котельня забезпечує теплом цілий житловий мікрорайон міста: 10 багатоквартирних будинків, школу, дитсадок. Паливо: тюкована солома.
Система опалення в коледжі та лікарні	м. Миколаїв, Миколаївська область	3000	Все - від системи опалення до самого палива - виробляється на території Миколаївської області. Мобільна модульна котельня може обігріти приміщень на 30 тисяч кв.м. Паливо: пелети.
ТЕЦ Євгройл	м. Миколаїв, Миколаївська область	5000	Міні-теплоелектростанція (ТЕЦ). Забезпечує світлом три мікрорайони Миколаєва. Окрім електричної енергії, генеруючий комплекс виробляє пару для опалення. Паливо: лушпиння соняшника від олійноекстракційного заводу, деревина, побутові відходи.
ТЕЦ "Кіровоградолія"	Кіровоградська область	35	Промислова теплоелектроцентрально (ТЕЦ) виробника соняшникової олії, покриває власні потреби підприємства у тепловій та електричній енергії. Надлишок виробленої електроенергії відпускається у енергомережу. Паливо: лушпиння соняшника.
Котельня	м. Дніпро, Дніпропетровська область	10500	Виробництво та постачання теплової енергії і гарячої води бюджетним установам (4 обласні лікарні) Паливо: пелети.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк
						26

Продовження таблиці 2.2

ТЕС "Аякс-Дніпро"	м. Дніпро, Дніпропетровська область	16000	ТЕС розміщена біля заводу з виробництва соняшникової олії. Паливо: лушпиння соняшника, пелети, деревна тріска, відходи від вирощування, транспортування та переробки соняшника.
ТЕЦ Смілянська	м. Сміла, Черкаська область	8500	Смілянська ТЕЦ перейшла з природного газу на біопаливо. Паливо: деревна щеп.
Котельня	м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька область	3000	Реконструкція існуючої котельні з метою заміщення природного газу, забезпечення надійності теплопостачання житлових районів міста, у разі обмеження поставок природного газу, а також підвищення енергетичної незалежності міста, впровадження і розвиток новітніх технологій з використання біопалива. Паливо: тріска, пелети.
Котельня на біопаливі	м. Вінниця, Вінницька область	23200	Виробництво теплової енергії з метою заміщення природного газу як основного ресурсу для отримання теплової енергії. Котельня забезпечує тепловою енергією та гарячою водою: 52 багатоповерхових житлових будинків; 2 дитсадки; 1 школу. Паливо: деревна щеп.

Географія розташування енергетичних комплексів [28], які в якості палива застосовують відходи рослинного походження, представлено на рисунку 2.3.

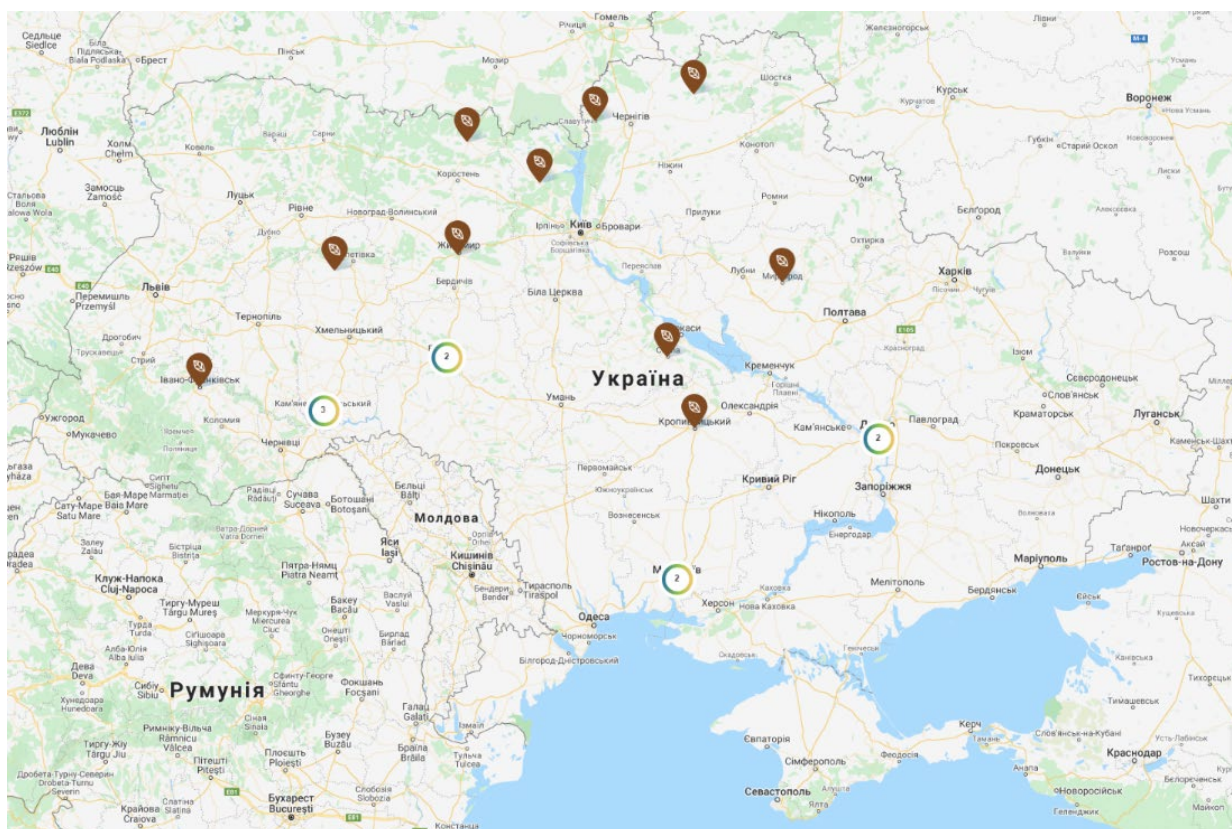


Рисунок 2.3 – Розташування реалізованих проектів з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Варто відзначити, що чисельність реалізованих проектів є невисокою. Однак в Україні представлена ціла низка потенційних проектів по розширенню мережі енергетичних комплексів, що працюють на біопаливі [11, 28], рисунок 2.4.

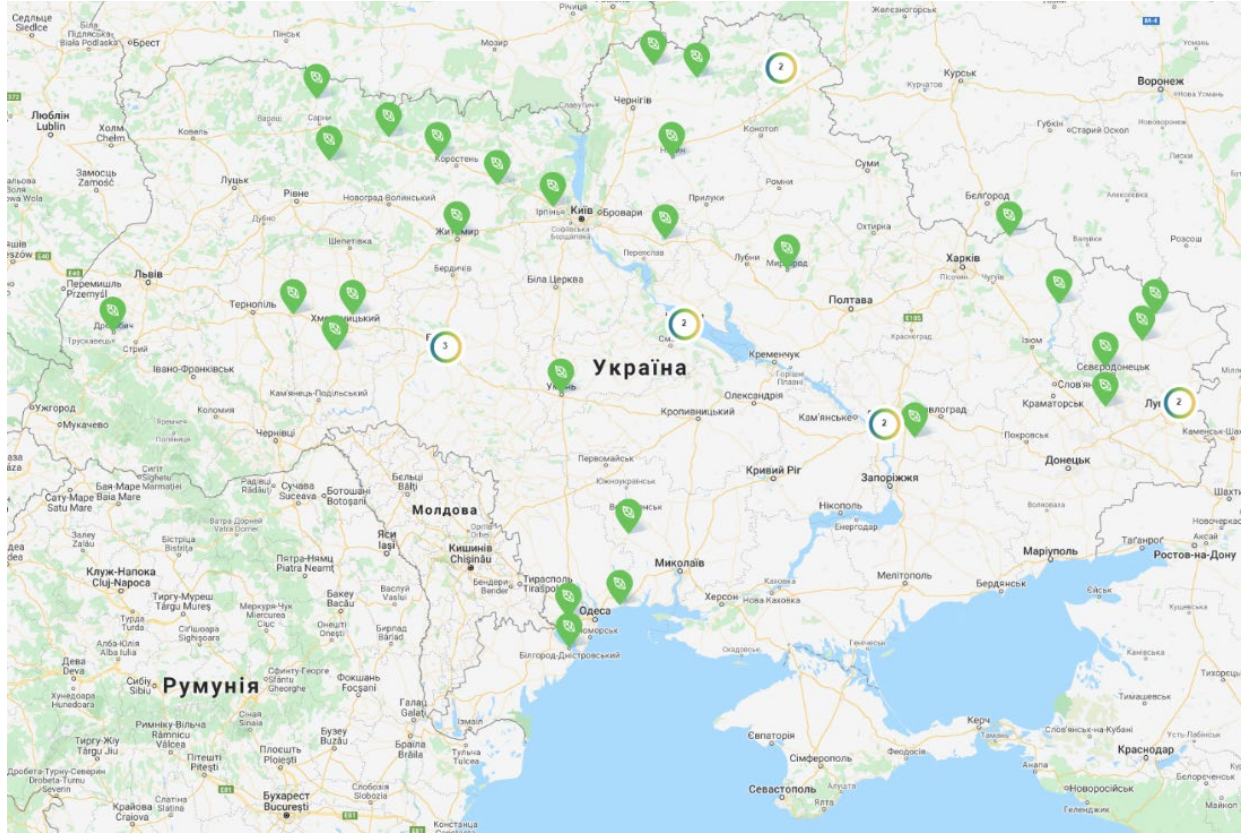


Рисунок 2.4 – Розташування потенційних проектів з утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

Як видно із попередніх даних (рис. 2.3, 2.4) більшість проектів, які частково дозволяють утилізувати рослинні відходи в енергетичних цілях, представляють собою енергетичні комплекси на яких реалізоване пряме спалювання рослинних відходів. Окрім подібного роду проектів в Україні в менших темпах, також реалізовані проекти з отриманням біогазу і його подальшим цільовим застосуванням [28]. Однак більшість таких проектів призначені для отримання біогазу із полігонів твердих побутових відходів, таблиця 2.3. Потужність таких комплексів є невисокою і знаходиться в межах до 3 МВт. Географія розташування біоенергетичних комплексів, представлено на рисунку 2.5.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Таблиця 2.3 – Узагальнена характеристика діючих в Україні біогазових комплексів [7, 28, 31]

Об'єкт	Розташування	Потужність, кВт	Опис
Біогазова станція	м. Маріуполь, Донецька область	1200	Виробляє електроенергію з біогазу, який утворюється на полігоні твердих побутових відходів у Лівобережному районі міста Маріуполь.
Біогазовий завод	с. Линовиця, Чернігівська область	2400	Працює на відходах виробництва цукру (жом цукрового буряку) та відходах тваринництва
Біогазовий комплекс на полігоні для переробки ТПВ	м. Дніпро, Дніпропетровська область	1131	Полігон для переробки ТПВ міста Дніпро. Утилізація звалищного газу на полігоні твердих побутових відходів та створення додаткових потужностей із генерування електричної енергії, з подальшим продажем в Оптовий ринок за "зеленим" тарифом
Установка із дегазації на полігоні ТПВ	Дальницькі Кар'єри, Одеська область	3000	Станція дегазації на єдиному в Одесі полігоні твердих побутових відходів «Дальницькі кар'єри». Працюють три когенераційні установки. Проект дозволяє утилізувати до 12 млн куб м звалищного газу на рік і виробляти щодоби близько 70 тис. кВт*год або понад 24 млн кВт*год на рік
Біогазова електростанція, полігон ТПВ Підгірці	с. Підгірці, Київська область	2126	Перша і найбільша біогазова електростанція працює на полігоні твердих побутових відходів. Скорочення викидів парникового газу (метану) в атмосферу, т CO2 экв. та виробництво електроенергії.
Біогазова електростанція на цукровому заводі у смт. Рокитне	смт. Рокитне, Київська область	2400	Виробництво електричної енергії з біогазу, що утворюється з відходів виробництва цукрового заводу. Продаж вироблених обсягів електроенергії за "зеленим" тарифом. Біогазова електростанція виробляє електричну енергію з цукрового жому. В перспективі планується до використання і теплової енергії, вироблена біогазовою станцією.
Біогазовий комплекс	с. Селище, Черкаська область	7500	На базі Селищенського цукрового заводу. Однією зі складових швидкого запуску станції стала сучасна біогазова лабораторія. У цілому біогазовий комплекс в с. Селище є більш досконалим за будь-який комплекс в Україні. Тут встановлено краще очищення газу від сірки.
Комплекс по переробці органічних відходів у біогаз	Капітанівська птахофабрика, смт. Капітанівка, Кіровоградська область	5500	Комплекс переробляє кукурудзяний силос та жом цукрових буряків на сировину для теплової та електричної енергії. Потужності вистачає, щоб забезпечити теплом та електроенергією більше 35 тисяч квартир. 8% від отриманої електроенергії комплекс використовує на власні потреби, іншу частину продає по «зеленому тарифу». Отримане тепло повторно використовуватимуть для отримання біогазу. Відходи не купують, а отримують від власних підприємств холдингу. Залишки від виробництва біогазу використовуватимуть як добриво для полів підприємств холдингу. Комплекс має термофільний і мезофільний режими переробки; може переробляти будь-який вид органічної сировини (кукурудзяний силос, жом цукрового буряка та курячий послід).

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

29

Продовження таблиці 2.2

Біогаз Ладижин	с. Василівка, Вінницька область	12000	Агрохолдинг "Міронівський хлібопродукт" ввів в експлуатацію I чергу біогазового комплексу потужністю 12 МВт.
Біогазова електростанція на полігоні ТПВ	с. Оліївка, Житомирська область	1063	Біогазова електростанція працює на полігоні твердих побутових відходів. Скорочення викидів парникового газу (метану) в атмосферу та виробництво електроенергії.

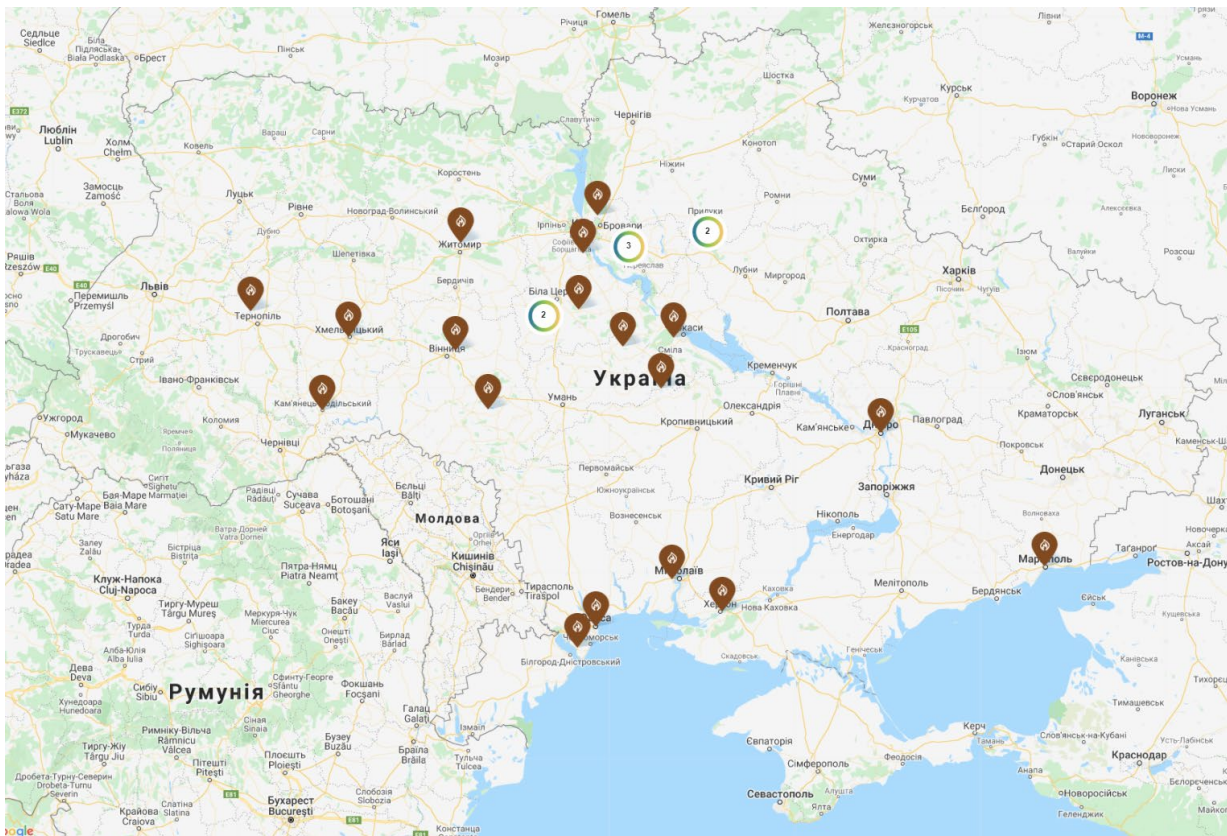


Рисунок 2.5 – Розташування реалізованих проектів з виготовлення біогазу

Очевидно, що отримання біогазу із полігонів ТПВ не спеціалізується на прямому використанні рослинних відходів для отримання біогазу [7, 31], однак дані комплекси є перспективною базою для розвитку даного напрямку, а саме створення на їх базі біогазових комплексів. Є практика реалізації біогазових комплексів які працюють на відходах рослинного тваринного походження, які за потужністю досягають 12 МВт, що на порядок вище порівняно із потужністю комплексів по отриманню біогазу на полігонах ТПВ, таблиця 2.3. Крім цього передбачена ціла низка проектів по впровадженню саме біогазових комплексів на базі рослинних відходів, рисунок 2.6 та таблиця 2.4.

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	TC 17510008	Арк
						30

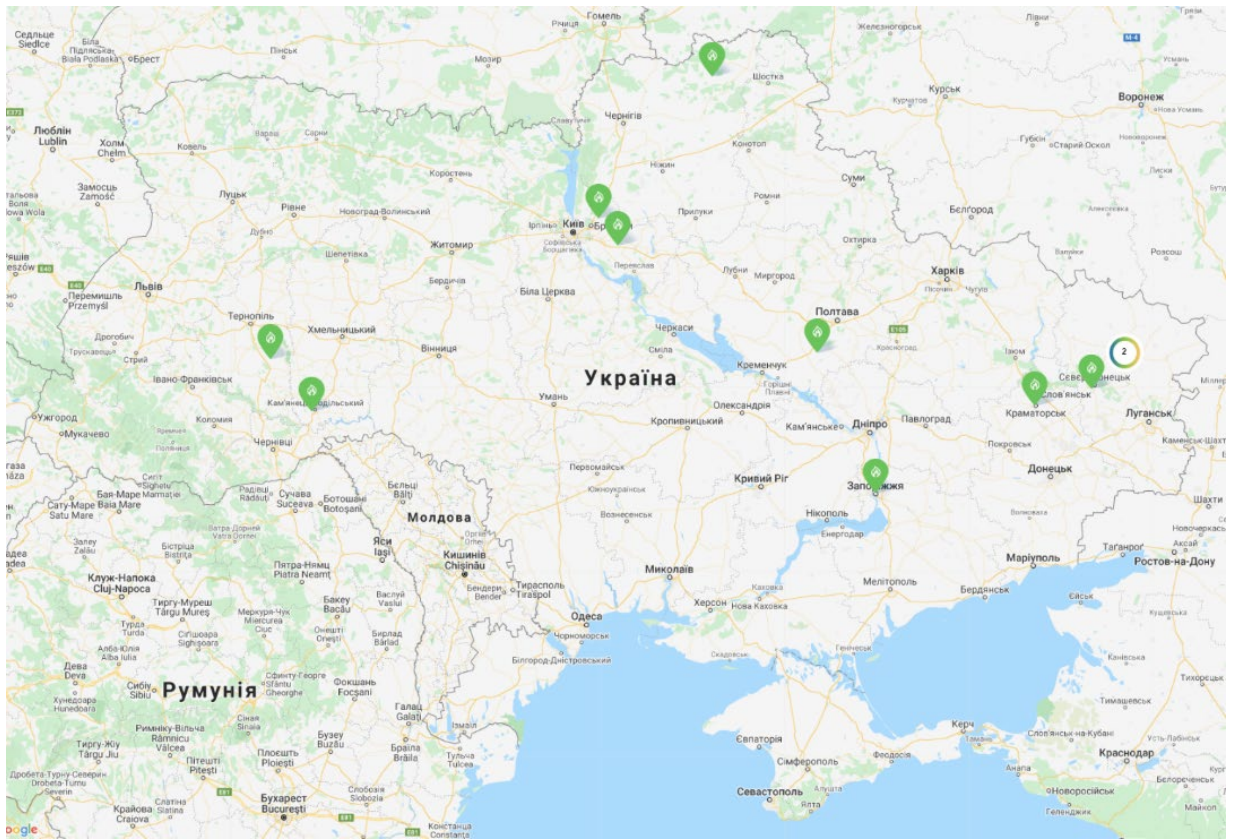


Рисунок 2.6 – Розташування запланованих проєктів з виготовлення біогазу

Таблиця 2.4 – Узагальнена характеристика запланованих в Україні біогазових комплексів [28]

Об'єкт	Розташування	Потужність, кВт	Опис
Будівництво біогазового комплексу	с. Чорний Ріг, Чернігівська область	3000	<p>Діяльність забезпечуватимуть дві когенераційні установки. Враховуючи потужності компанії, географічне положення об'єкту та сприятливі кліматичні умови для вирощування кукурудзи, сировиною для виробництва біогазу буде силос кукурудзи.</p> <p>Загальний об'єм сировини становить 58 700 т/рік.</p> <p>Комплексом вироблятимуться, окрім електроенергії, органічні добрива (дігестат) в загальному об'ємі 42 950 т/рік.</p> <p>Потенційно проєкт має перспективу збільшення потужностей виробництва та залучення дотичних галузей.</p> <p>Примітка: Потенційно Каліпсо Біогаз розглядає земельну ділянку 2 га у селі В'язове, Охтирського району, Сумської області для будівництва аналогічного біогазового комплексу</p>
ТОВ "Біострум"	смт. Велика Димерка, Київська область	1000	<p>Будівництво та експлуатація біогазової установки. Основні можливі споживачі - ПрАТ Київобленерго. Проектна потужність - 19 000 тонн/рік (або 52,05 тонн/день) біомаси (кукурудз'яний силос та гній ВРХ).</p>

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Продовження таблиці 2.4

Будівництво біогазового комплексу	м. Решетилівка, Полтавська область	2000	Передбачено будівництво біогазової станції з метою переробки відходів свиноферми та м'ясокомбінату. Свинокомплекс (50 000 голів) та м'ясокомбінат працювали на повну потужність, однак були закриті через екологічні проблеми. Для відновлення роботи комплексу потрібно побудувати біогазову станцію та установаку зрідження вуглекислоти.
«Сорговий Мед» та біогазовий комплекс із переробки відходів сільхозвиробництва	Старобільський р-н, Луганська область	2126	Створення біогазового комплексу з переробки відходів виробництва «соргового меду» з метою отримання біогазу, зрідженого біометану, електроенергії (продаж за зеленим тарифом), добрив, тепла, гарячої води. Створення тепличного та рибного господарств (з використанням теплової енергії, що виробляється біогазовим комплексом). Перероблена біомаса буде використана як органічні добрива та ін.
Біогазова станція	с. Бзів, Київська область	330	Біогазова станція розміщена на земельній ділянці 1 га (земельна ділянка у приватній власності) на базі діючого фермерського господарства. Станція запущена в експлуатацію у квітні 2018 року та має потужність 330 кВт електричної енергії. Наразі відбувається повна реконструкція станції, що дасть змогу переробляти інші відходи - тваринництва, рослинництва, харчові відходи тощо.

Таким чином, використання рослинних відходів в енергетиці може реалізовуватись не лише шляхом прямого спалювання в котлах. Перспективним напрямом, який тільки отримує розвиток є будівництво біогазових комплексів з метою отримання біогазу. Однак темпи реалізації біогазових установок залишаються невисокими. В більшості випадків в Україні перевага надається розвитку енергетичних комплексів, призначені для прямого спалювання рослинних відходів.

2.2 Технології утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях

Приймаючи до уваги фізико-хімічні властивості рослинних відходів та їх різноманітність найбільш перспективними технологіями використання рослинних відходів є пряме спалювання; піроліз; газифікація; анаеробна ферментація з утворенням метану; виробництво спиртів і масел для отримання моторного палива [3, 5, 11-14, 17-25, 30, 32, 36–39].

Технології використання рослинних відходів постійно вдосконалюються,

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк
						32

забезпечуючи отримання енергії в зручній формі для використання споживачами, з одночасним забезпеченням належного рівня екологічної безпеки при поводженні із відходами рослинного походження.

На практиці енергія з рослинних відходів отримується або фізичними, або хімічними чи мікробіологічними методами, рис. 2.7.



Рисунок 2.7 – Класифікація методів отримання енергії з рослинних відходів

Класифікація технологій з поетапним перетворенням рослинних відходів у енергетичні продукти представлена на рисунку 2.8.

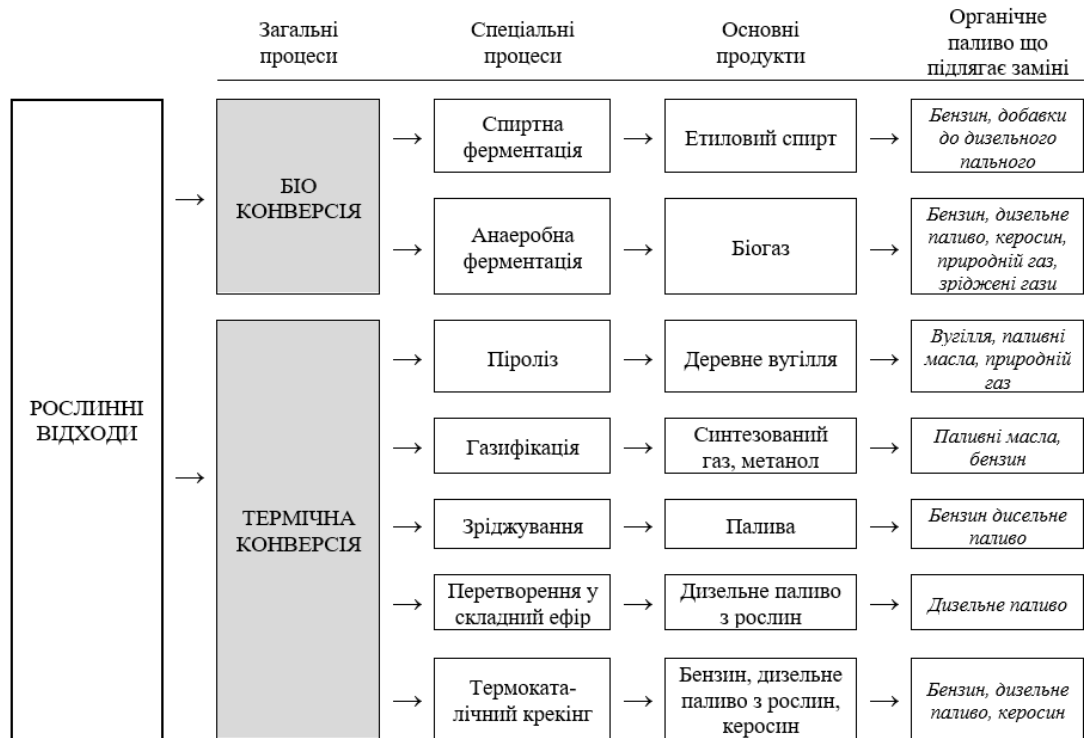


Рисунок 2.8 – Класифікація технологій перетворення рослинних відходів

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Варто відзначити, що кожному із найбільш поширених методів отримання енергії з рослинних відходів притаманні як переваги так і недоліки. Так, пряме спалювання рослинних відходів – один з найбільш старих методів отримання теплової енергії і при порушенні режиму горіння (нестача кисню в камері горіння, тління палива) забруднюючі речовини у великих кількостях надходять в атмосферне повітря [20].

Піроліз біомаси передбачає хімічне перетворення одних органічних сполук в інші під дією теплоти без доступу кисню. Розроблено ряд технологічних процесів піролізу, з урахуванням природи сировини. Основними продуктами піролізу можуть бути вуглиста речовина, паливна рідина, паливні гази, причому часто технологічний процес орієнтований на переважне отримання лише теплової енергії (спалювання). Однак такий процес потребує енергетичних затрат та характеризується складністю його технологічної реалізації [3, 18].

Газифікація представляє собою піроліз, призначений для отримання газоподібного палива, яке більш екологічне, зручне для транспортування і подальшого спалення [24]. Газифікувати можна будь-яке паливо, в результаті чого отримують генераторні гази, які мають значний діапазон використання. Результатом газифікації рослинних відходів є низькокалорійний газ, який є ефективним на газотурбінних і парогазових електростанціях.

У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини розкладаються з утворенням біогазу у вигляді суміші вуглекислого газу і метану (до 70 %) [11, 12, 14]. Особливо важливим в процесі анаеробного зброджування є створення оптимальних технологічних умов в реакторі метантенку: температури, надходження кисню, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН, відсутності або низької концентрації токсичних речовин. Анаеробна ферментація є технологічно складним процесом, однак на відміну від попередніх методів має високий рівнем екологічної безпечності для навколишнього природного середовища [11, 21].

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

2.3 Пряме спалювання рослинних відходів

Пряме спалювання рослинних відходів – один з найбільш старих методів отримання теплової енергії. Однак цей метод має ряд недоліків з технологічної та екологічної складової. Так з метою забезпечення найбільш повного згоряння рослинних відходів, в результаті якого утворюються тільки діоксид вуглецю і вода, які не несуть шкоди довкіллю необхідно враховувати фізико-хімічні властивості відходів [3, 20, 32]:

- залежність властивостей відходів (наприклад, вологості) від атмосферних умов при заготівлі та зберіганні;
- залежність кількості рослинних відходів від обсягів врожаю;
- періодичність природних циклів відтворення рослинних відходів;
- не всі види відходів можуть піддаватися прямому спалюванню.

У комунальному господарстві населених пунктів в якості палива для котелень на твердому паливі можливе використання частини відходів деревини, і продуктів переробки одно- і багаторічних трав'янистих енергетичних насаджень (енергетична верба, сорго, міскантус, просо, лозоподібний «світчграс» тощо), відходів сільського господарства (соломи), лушпиння, переробки соняшника, зернових та інших сільськогосподарських культур.

Високі вимоги до надійності та безперервності роботи систем тепlopостачання потребують проєктування котелень на рослинних відходах разом із теплогенеруючими агрегатами на традиційних викопних видах палива (насамперед, на природному газі).

2.3.1 Технологічна складова прямого спалювання рослинних відходів

До технічних пристроїв прямого спалювання рослинних відходів належать печі, котли, камери згоряння [3, 11]. Прикладом таких технологій є енергетичні комплекси з автоматичним спалюванням відходів, тепловою потужністю від 100

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата	ТС 17510008	Арк
						35
Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

до 2000 кВт, рисунок 2.9. Подібні комплекси застосовуються для опалення приміщень різного призначення у тому числі житлові будинки. Працюють вони в автоматичному режимі та в якості палива використовують сипкі рослинні відходи: стружка, тирса, тріска, пелети, кора, деревний пил, а також відходи переробки соняшника, горіхів, льону та інших видів рослинних решток.

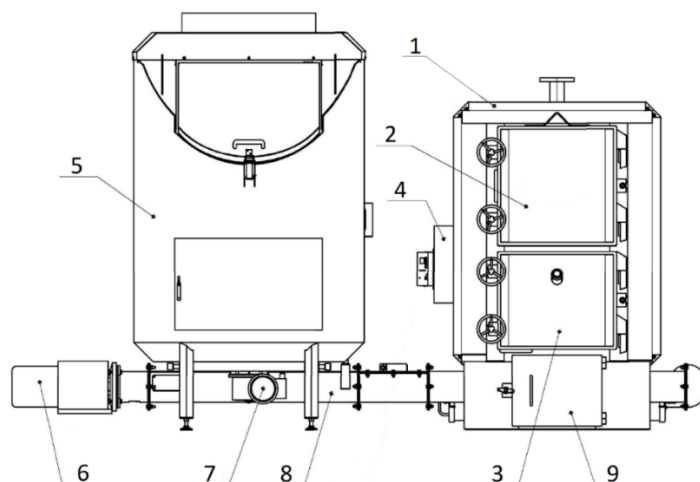


Рисунок 2.9 – Енергетичний комплекс для отримання теплової енергії з рослинних відходів: 1 – котел; 2 – дверцята ревізійні; 3 – дверцята топки; 4 – блок автоматики управління; 5 – бункер для палива з механізмом ворушіння; 6 – мотор-редуктор механізму подачі палива; 7 – мотор-редуктор механізму ворушіння; 8 – мотор-редуктор механізму подачі палива; 9 – дверцята зольного відсіку.

Сипке паливо засипається в бункер 5, з якого по мірі необхідності за допомогою шнекового механізму 6, 7, 8 подається в необхідній кількості у високотемпературну камеру котла 1. До складу енергокомплексу зазвичай входить автоматична система спалювання 4 (АСС). АСС складається з вентилятора піддуву, пульта управління. Твердопаливні котли підтримують задану температуру води, автоматично спалюючи необхідну кількість відходів.

Відомо, що під час згорання палива утворюється чадний газ та інші шкідливі речовини. Більшість сучасних котлів оснащені автоматичною подачею палива. Такі системи мають ефективнішу систему регулювання процесу горіння, в порівнянні з котлами з ручним завантаженням палива.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

36

2.3.2 Викиди в атмосферне повітря при спалюванні рослинних відходів

Викиди, викликані неповним згоранням палива, є результатом недостатнього змішування повітря з паливом в зоні горіння, загальною нестачею кисню, критично низькою температурою горіння. Результатом неповного згорання палива в котлах є викиди забруднювальних речовин в атмосферу: чадний газ (CO), тверді частинки (ТЧ) і неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС), аміак (NH₃), поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), а також поліхлоровані дібензопарадіоксіни і фурани (ПХДД/Ф) [3, 32].

Загальна кількість забруднювальних речовин в топкових газах, які утворюються внаслідок спалювання палива, можна визначити залежно від умов їх виникнення, рисунок 2.10.

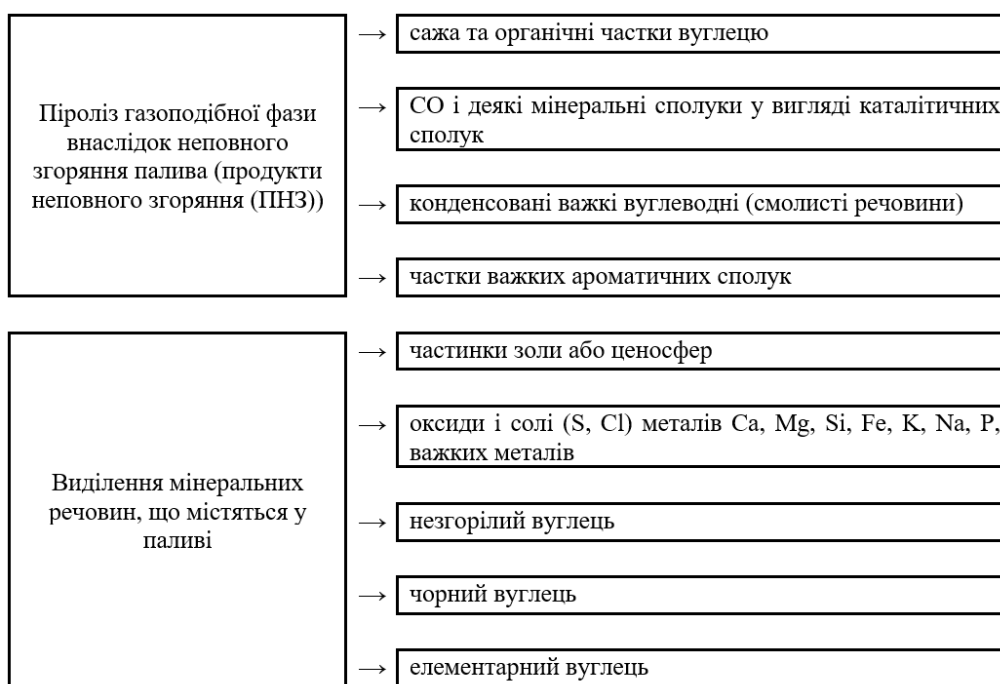


Рисунок 2.10 – Види забруднювальних речовин при прямому спалюванні

Як бачимо, котли можуть мати широкий спектр викидів твердих частинок, і ці викиди можуть розділятися на фільтровані і конденсовані фракції. Конденсовані важкі вуглеводні (смолисті речовини) є основним та найбільш небезпечним джерелом загального рівня викидів під час спалювання рослинних відходів, особливо в котлах старої конструкції [11, 32].

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

2.3.3 Методи зниження викидів в атмосферне повітря при спалюванні рослинних відходів

Викиди твердих частинок багато в чому залежить від умов спалювання. Скорочення викидів в першу чергу досягається попередженням утворення таких речовин (первинні заходи) – оптимізація процесу спалювання твердого палива (автоматична подача палива, розподіл повітря горіння). У випадку недостатності первинних заходів застосовуються методи видалення забруднюючих речовин з відпрацьованих газів (вторинні заходи). Перелік основних і додаткових заходів по зменшенню викидів забруднювальних речовин, при прямому спалюванні рослинних відходів, подано на рисунку 2.11.

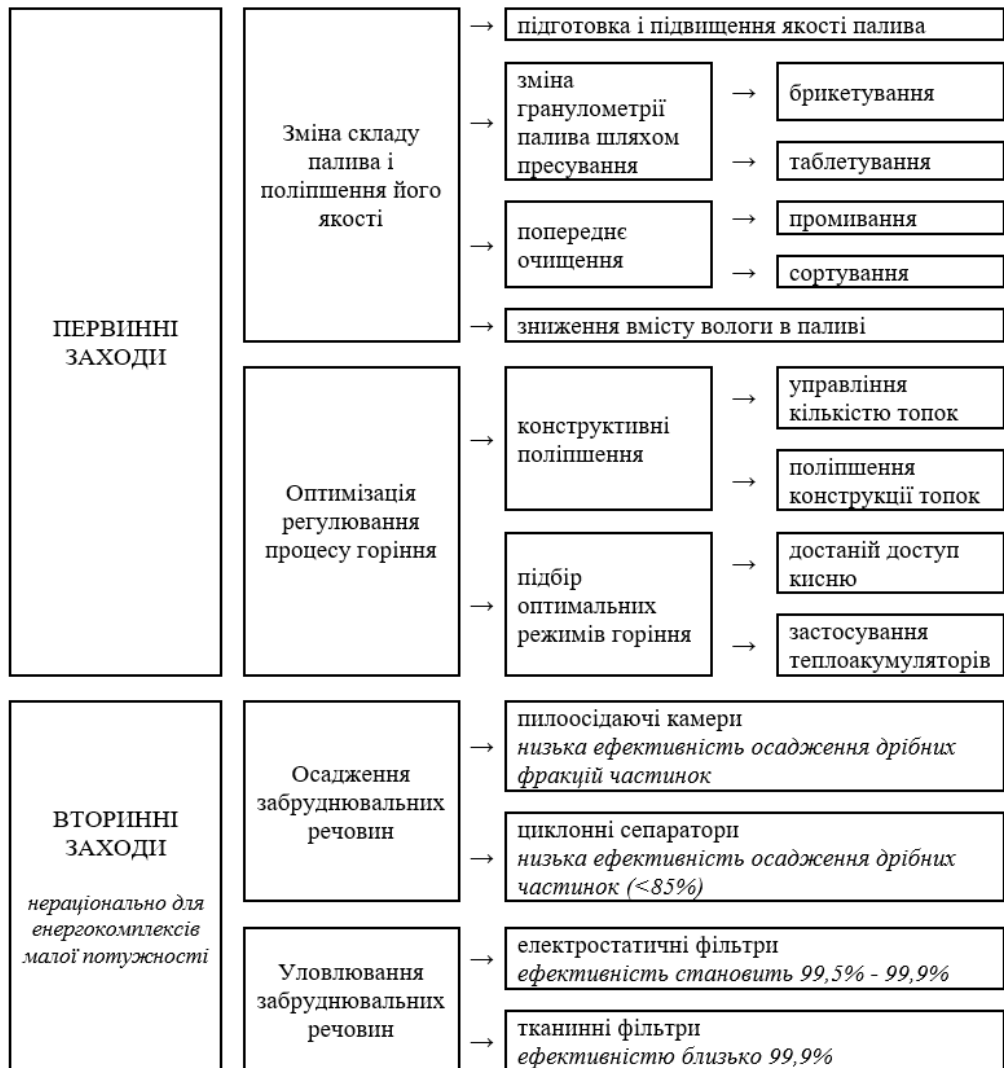


Рисунок 2.11 – Заходи по зменшенню викидів забруднювальних речовин при прямому спалюванні рослинних відходів

Інв.№подл.	Підпис і дата
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

38

використання дублюючих потужностей на традиційному паливі. Реконструкція діючих котелень на традиційних видах палива та встановлення біокотлів є найбільш перспективним варіантом – використанням котлів на рослинних відходах як основний режим роботи котелень та використання газових котлів в динамічному режимі для покриття пікового навантаження.

2.4 Піроліз та газифікація рослинних відходів

Газифікація є одним із напрямків енергетичного використання рослинних відходів, який полягає в їх перетворенні в горючі гази. Така технологія реалізується з використанням кисню вільного або зв'язаного у вигляді H_2O або CO_2 за високих температур [3, 18, 24]. На сучасному етапі розвитку газифікації вирізняють декілька способів газифікації, рисунок 2.12.



Рисунок 2.12 – Класифікація газогенераторів

Газифікації можна піддавати будь які види рослинних відходів. В свою чергу генераторні гази мають широкий діапазон використання, та можуть застосовуватися для отримання теплової енергії в побуті та різних процесах промисловості, або як сировина для отримання водню, аміаку, метилового спирту і рідкого біопалива [24]. Ефективним є впровадження установок газифікації на газотурбінних і парогазових електростанціях.

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

40

Не зважаючи на те, що існує велика кількість видів способів газифікації, всі вони характеризуються однаковими реакціями, рисунок 2.13.

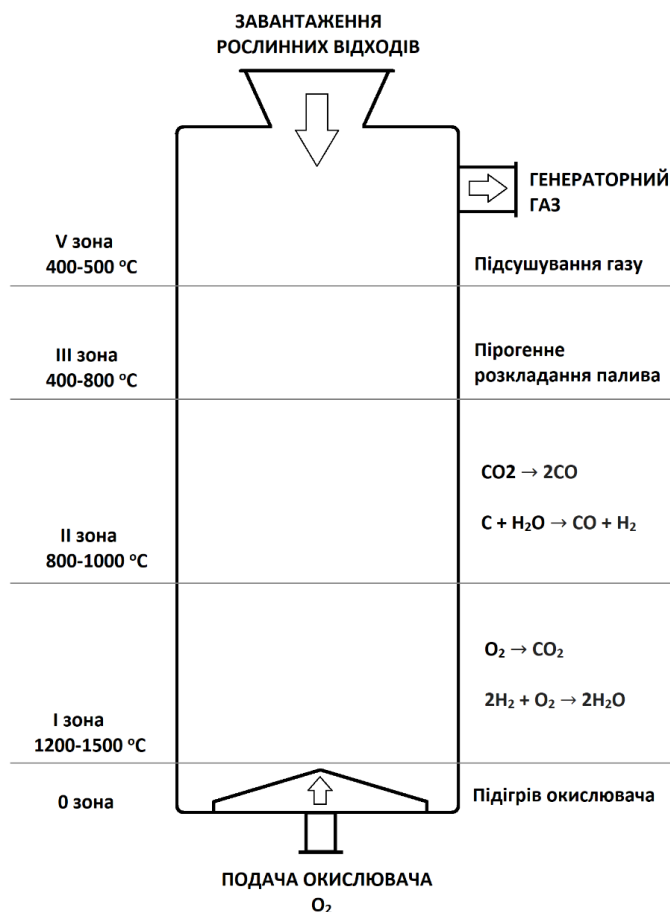


Рисунок 2.13 – Схематичне зображення процесу газифікації рослинних відходів

Газифікація реалізується в основному в газогенераторах з щільним шаром рослинних відходів [18, 24]. В газогенераторах відбуваються пов'язані між собою процеси сушіння і пірогенетичного розпаду рослинних відходів з утворенням біовугілля, взаємодії газів дуття з вуглецем біовугілля, та взаємодія утворених газів між собою і вуглецем палива. Процес становить складну сукупність окиснювально-відновлювальних реакцій, склад яких визначається видом дуття, температурою і тиском процесу. При газифікації за прямим процесом (рисунок 2.13), який отримав широке розповсюдження, повітря підводиться в нижню частину. Газовий потік при цьому рухається вгору через шар рослинних відходів.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Процеси газифікації аналогічні процесам горіння. В їх основі лежить хімічне поєднання вуглецю і водню палива з окиснювачем (киснем). Основна відмінність полягає у тому, що під час горінні відбувається повне окиснення, а під час газифікації (за умови дефіциту кисню) вуглець окиснюється частково.

Отриманий таким чином генераторний газ володіє рядом переваг:

- згоряє без диму і кіптяви;
- високий коефіцієнт використання тепла згорання газу;
- зручніший при подальшому використанні;
- не містить золи, вологи і інших домішок.
- придатний для транспортування трубопроводами, в тому числі в суміші з природним газом.

Генераторний газ в залежності від призначення поділяється на декілька видів [18, 24], рисунок 2.14.

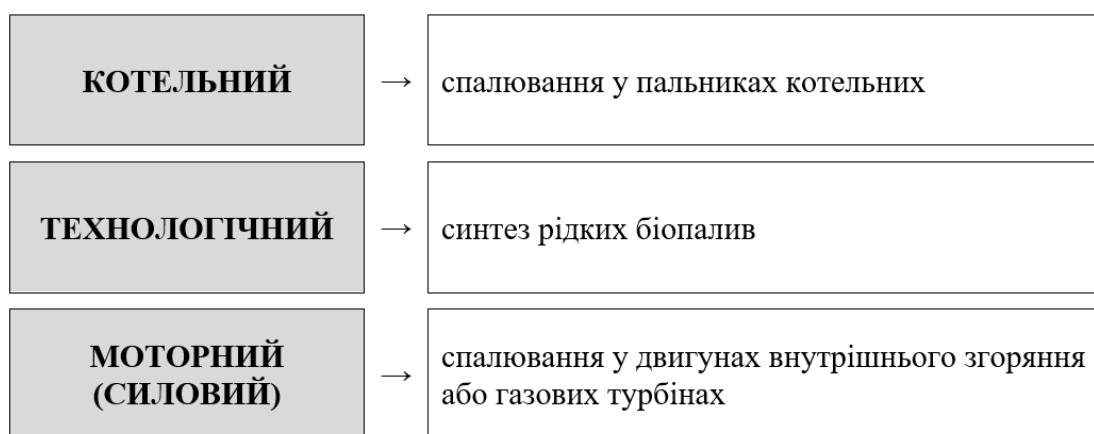


Рисунок 2.14 – Види генераторних газів

Залежно від способу організації процесу газифікації (пряма або обернена газифікація) [20, 22, 23] стає можливим отримання генераторних газів, які відрізняються за складом і якістю. Реалізація оберненої газифікації дозволяє суттєво зменшити вміст парів смоли, оцтової кислоти, фенолу та інших домішок в генераторному газі. В таблиці 2.5 наведено порівняльні дані щодо складу генераторного газу, одержаного у прямому і оберненому процесах газифікації деревини.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Інв.№дубл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Підпис і дата
Інв.№подл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

42

Таблиця 2.5 – Хімічний склад генераторного газу

Процес і паливо	CO, %	H ₂ , %	CH ₄ , %	CO ₂ , %	N ₂ , %	Смола, г/м ³	Q _H ^P , МДж/м ³
Прямий (деревина)	29,0	15,4	1,6	6,6	47,2	50–100	5,4
Обернений (деревина)	16,4	11,3	2,2	13,2	57	0,36	4,0

На величину емісії забруднювальних речовин, що утворюються при спалюванні генераторного газу, впливає вміст хімічних елементів (азот, сірка та хлор) в рослинних відходах, які застосовуються для виготовлення генераторного газу. В таблиці 2.6 подано дані щодо вмісту різних хімічних елементів в окремих видах рослинних відходів [24, 25]. Вміст азоту в соломі майже у 2,5 рази більший порівняно із деревиною, сірки – у 3 рази та а хлору – майже у 20 разів. Варто відзначити, що азот у складі рослинних відходів, окиснюється при значно нижчих температурах, ніж азот повітря, а отже утворення азотних сполук при газифікації відбувається насамперед із азоту, що міститься у рослинних відходах.

Таблиця 2.6 – Вміст окремих хімічних елементів в рослинних відходах

Найменування показника	Солома пшениці	Солома ріпаку	Деревиною	Тополя енергетична
Азот (N), %	0,7	0,37	0,3	0,81
Сірка (S), %	0,15	0,11	0,05	0,03
Хлор (Cl), %	0,4	0,15	0,02	0,01
Кремній (Si), %	0,8	–	0,1	–
Кальцій (Ca), %	0,4	0,9	0,2	–
Магній (Mg), %	0,07	–	0,04	–
Калій (K), %	1,0	0,56	0,1	0,21
Зола (A), %	4,5	4,4	1,0	1,7
Температура плавлення золи, °C	1000	1000-1100	1425	–

В зоні високих температур утворюються окиси азоту (NO_x) і закис азоту (N₂O). Спалювання деревинно-кущової біомаси сприяє утворенню викидів N₂O

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

TC 17510008

Арк

43

в обсязі на 80–100 мг/м³. Однак внесення азотних добрив під зернові культури збільшує утворення NO_x. Так додавання азотних добрив у кількості 150 кг/га збільшує утворення NO_x на 50 мг/м³ і N₂O на 40 мг/м³, порівняно з утворенням цих сполук без внесення цих добрив [24]. Варто зазначити, що парниковий ефект від N₂O приблизно в 300 разів більший, ніж від CO₂. В свою чергу SO₂ і NO_x частково з'єднуються з атмосферною вологою, внаслідок чого утворюються розбавлені сірчана та азотна кислоти – «кислотні дощі».

При спалюванні соломи утворюється легкий вуглець, який важко уловлювати з димових газів. Наявність великої кількості хлору у соломі сприяє утворенню діоксинів. Хлор соломи, вступаючи в реакцію з воднем, утворює соляну кислоту, яка викликає корозію котельного обладнання. В соломі міститься значна кількість лугів та оксидів магнію, які знижують температуру плавлення золи. Внаслідок цього кількість золи із соломи в 5–6 разів більша, ніж при спалюванні деревини [24].

Таким чином, враховуючи елементний склад рослинних відходів та вимог екологічної безпеки виробництва енергії, газифікація є придатною лише для утилізації деревини та відходів деревини. Останнє суттєво обмежує перелік відходів, які можуть бути утилізовані газифікацією, а отже цей метод не є перспективним для енергетичної утилізації відходів рослинного походження.

2.5 Анаеробна ферментація рослинних відходів

У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини, що містяться в рослинних відходах, розкладаються на CO₂ і CH₄ з утворенням біогазу у вигляді суміші вуглекислого газу і метану, причому на частку метану може припадати до 70 % [12]. Такий газ прийнято називати біогазом, який використовується у якості палива.

Технологія виробництва енергії з біогазу не чинить шкідливого впливу на навколишнє середовище, оскільки не викликає додаткову емісію парникового

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

44

газу CO₂ і дозволяє раціонально використовувати рослинні відходи. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, розміщення комплексів з отримання біогазу не залежить від кліматичних і погодних умов. Крім того, на відміну від традиційних енергоресурсів, біогаз в Україні має високий відновлюваний потенціал. Річний теоретичний потенціал біогазу в Україні становить 3,2 млрд. м. куб [21, 30]. Найбільший потенціал зосереджений у Дніпропетровській, Донецькій та Київській областях (понад 150 тис. т н.е./рік).

Ефективним шляхом доповнення та часткової заміни традиційних паливно-енергетичних ресурсів є використання біогазу, який утворюється в результаті застосування метанового зброджування рослинних відходів разом із тваринницькою біомасою. Це дозволить замінити наступні види палива:

- природний газ та зріджені гази, що використовуються для енергозабезпечення промислових і побутових потреб;
- бензин, дизельне паливо та гас у двигунах внутрішнього згорання.

До сучасних напрямів використання біогазу відносяться:

- пряме спалювання для виробництва електричної або теплової енергії;
- збагачення палива в газотурбінних установках для комбінованого вироблення теплової та електричної енергії;
- використання в якості палива для газових двигунів з отриманням електричної і теплової енергії;
- використання біогазу в якості палива для автомобілів;
- збагачення (підвищення вмісту метану до 94-95 %) природного газу в газових мережах в якості замітника природного газу.

Технологічний процес анаеробного зброджування проводиться в спеціальних реакторах-метантенках без доступу кисню [14]. Конструкція метантенків забезпечує створення оптимальних режимних умов в реакторі метантенку: температури, контрольоване надходження кисню, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН, відсутності або

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк 45

низької концентрації токсичних речовин. Найбільш ефективними вважаються метантенки, що працюють в термофільному режимі 43–62°C.

Принципова схема біогазового комплексу для анаеробного зброджування рослинних відходів, наведена на рисунку 2.15.

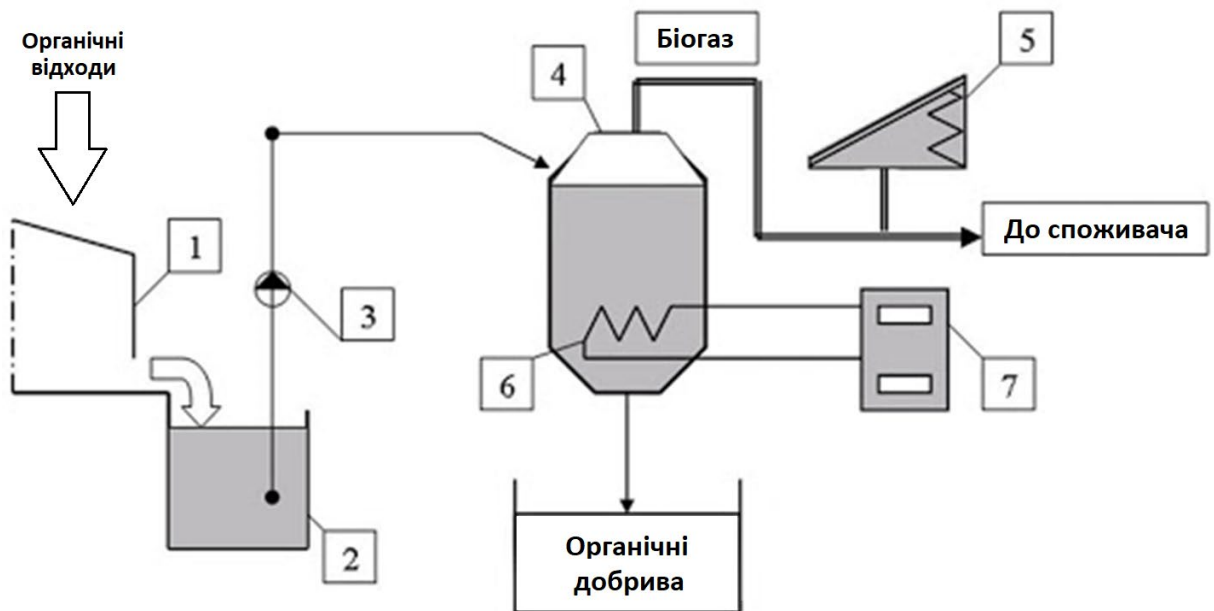


Рисунок 2.15 – Принципова схема біогазового комплексу для анаеробного зброджування рослинних відходів: 1 – ємність збору відходів; 2 – ємність для підготовки та гомогенізації відходів; 3 – насосна станція (шнекові насоси) для транспортування відходів до метантенку; 4 – реактор (метантенк); 5 – газгольдер для збирання біогазу; 6 – система підігріву реактору для підтримання заданої температури в метантенку; 7 – генератор тепла

Сучасні біогазові комплекси складаються з таких основних систем:

- системи підготовки і подачі сировини в біореактор;
- біореактора (метантенка) із системою підтримання постійної температури та іншими комплектуючими пристроями;
- системи зберігання і використання біогазу;
- системи вивантаження і транспортування шламу (органічні добрива).

Біогаз одержують із рідкої маси, що містить 95 % води, тому на практиці

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк

46

його вихід визначити важко. Істотною перевагою переробки біомаси в метантенках (біогазових агрегатах) є те, що у продуктах біомаси хвороботворних мікроорганізмів міститься значно менше, ніж у початковому матеріалі [21, 30].

Біомасу певний час витримують без доступу кисню, як правило, при температурі 30–37 °С або 55–60 °С. У цих умовах під дією бактерій частина органічних речовин розкладається і в результаті утворюється газ який у різних співвідношеннях містить 60-70 % метану, 30-40 % двоокису вуглецю, до 3 % сірководню, та домішки водню, аміаку й оксидів азоту. Газ не має неприємного запаху, його теплота згорання досягає 25 МДж/м³, що еквівалентно теплоті згорання 0,6 л бензину, 0,85 л спирту або 1,7 кг дров [12].

На першому етапі, рисунок 2.16, складні органічні полімери (клітини, білки, жири та ін.) під впливом анаеробних бактерій розкладаються на простіші сполуки: леткі жирні кислоти, нижчі спирти, водень та оксид вуглецю, оцтову і мурашину кислоти, метиловий спирт. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ і воду.

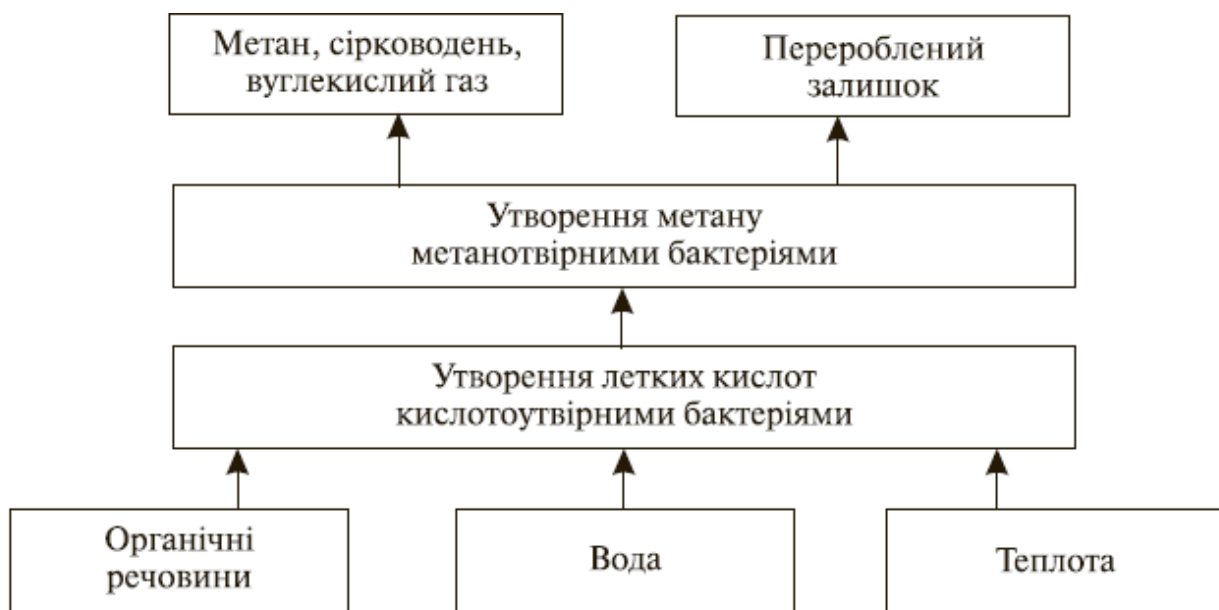


Рисунок 2.16 – Процес одержання біогазу [11]

Температура значною мірою впливає на ефективність процесу анаеробного зброджування органічних речовин. Найбільш сприятливим є стимулювання

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк 47

розвитку мезофільної та термофільної бактерійної флори, при температурах 30-40°C та 50-60°C відповідно. Вибору відповідного режиму передують відповідний аналіз кліматичних та економічних умов.

Окрім температурних умов на процес анаеробного зброджування і відповідно на кількість одержуваного газу впливає тривалість обробки відходів. Також необхідно контролювати показник рН, оптимальне значення якого становить 6,7–7,6 рН. Утримання цього показника в оптимальних межах забезпечується додаванням вапна.

Сучасні біогазові комплекси мають найрізноманітніші розміри: від малих, продуктивністю 3-8 м³ до середніх (25–170 м³) і великих (250–500 м³ та більше) [11]. Виробництво біогазу є економічно виправданим у випадку перероблення постійного потік відходів (стоки тваринницьких ферм, боєнь, потік рослинних відходів тощо). Особливо вигідно використовувати біогаз в агропромислових комплексах, де можливий повний екологічний цикл. Його застосовують для освітлення, опалення, приготування їжі, для надання руху різним механізмам, транспорту, електрогенератору. В свою чергу утворений залишок представляє собою цінний продукт, який знаходить застосування в якості органічних добрив [11, 21].

Значною перевагою біогазових установок є те, що вони одночасно відіграють роль очисних споруд, що знижують забруднення ґрунту, води і повітря. Порівняно з малими ГЕС, вітро- й геліоенергоустановками, які є пасивно чистими (використовують екологічно чисті джерела енергії), біогазові установки – активно чисті, тобто усувають екологічну небезпечність продуктів, що застосовуються як джерела первинної енергії.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

РОЗДІЛ 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Для України біоенергетика є стратегічним напрямком розвитку відновлюваних джерел енергії. Підтвердженням цього є висока залежність країни від імпорту енергоносіїв (природного газу) та великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії. До найбільш поширених видів рослинних відходів, які можуть активно застосовуватися в якості сировини для генерування електричної або теплової енергії відносять:

- лушпиння та інші відходи переробки соняшника;
- відходи переробки зернових та інших культур;
- деревина, її відходи і продукти її переробки;
- відходи овочевих культур і їх переробки;
- рослинні відходи харчової промисловості;
- одно- і багаторічна трав'яна біомаса (енергетична верба, міскантус).

В Україні щорічно збирається понад 50 млн. т зернових культур. Основну частку складають рослинні відходи, як побічні продукти сільського господарства. Енергетичний потенціал біомаси в Україні, представлено в таблиці 3.1. Наприклад річний енергетичний потенціал твердої біомаси еквівалентний 2 млн. т у. п., що дає змогу заощаджувати приблизно 22 млрд. м³ природного газу.

За різними оцінками, на кожен тону зерна можна отримати до 2,0 т соломи або рослинних залишків. З них тільки 60 % соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику залишаються на полях. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети і використовується для опалення, шляхом прямого спалювання. На підприємствах олійної промисловості щороку спалюється понад 500 тис. т лушпиння соняшнику. Щорічно заготовлюється до 17 млн. м ділової деревини, при цьому відходи деревообробки складають до 10

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

млн. м. куб. На даний час близько 70 % відходів деревини у вигляді тирси, трісок, пелет і брикетів спалюються з метою одержання тепла [10, 11].

Таблиця 3.1 – Енергетичний потенціал біомаси в Україні

Вид біомаси	Теоретичний потенціал, млн. т	Частка, доступна для отримання енергії, %	Економічний потенціал, млн. т у.п.
Солома зернових культур	30,6	30	4,54
Солома ріпаку	4,2	40	0,84
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	40,2	40	4,39
Відходи виробництва соняшнику (стебла, кошики)	21,0	40	1,72
Вторинні відходи с/г (лушпиння, жом)	6,9	75	1,13
Деревна біомаса (дрова, порубкові залишки, відходи деревообробки)	4,2	90	1,77
Біогаз з відходів та побічної продукції АПК	1,6 млрд. м ³ метану	50	0,97
Енергетичні культури:			
верба, тополя, міскантус	11,5 млрд. м ³ метану	902	6,28
кукурудза (біогаз)	3,3 млрд. м ³ метану	902	3,68
Всього	-	-	25,32

В доповнення до рослинних відходів, існує практика застосування енергетичних культур, що дозволяє значно підвищити зацікавленість у розширенні мережі енергетичних комплексів, які працюють на біопаливі. Такі культури поділяються на три окремі групи: швидкоростучі дерева; багаторічні трави (міскантус, шавнат); однорічні трави (сорго, тритикале) [6]. До них також відносять традиційні сільськогосподарські культури.

Приймаючи до уваги різноманітність рослинних відходів, їх відмінності у фізико-хімічних властивостях (особливо агрегатний стан), можна стверджувати, що в Україні сформувалося два основних напрями утилізації рослинних відходів: спалювання та виробництво біогазу. Зокрема тверді відходи (в основному деревина, солома, стебла) широко застосовуються для спалювання на енергетичних комплексах з метою одержання теплової енергії. Крім цього їх безпосереднє застосування для одержання біогазу є недоцільним через

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк 50

необхідність їх попередньої підготовки таких відходів. В свою чергу основна частина відходів агропромислових комплексів взагалі не придатна для спалювання, а їх використання можливе лише в процесах анаеробної ферментації.

З метою одночасної утилізації рослинних відходів всіх типів інтерес становить вирощування і використання в метантенках водяної рослинної біомаси для отримання біогазу. Однією з найбільш продуктивних водоростей є бура водорість макроцистис. З кожної тони можна отримати 22 кДж енергії. Високою врожайністю також характеризуються морські водорості дуналієла, водяний гіацинт, червона водорість тощо.

Перспективною є когенераційна енергоустановка, яка представляє собою замкнену систему для всіх біогенних елементів, окрім вуглецю, що спалюється, рисунок 3.1. Така система представляє комплекс, який включає блок з культивування мікробіомаси, з яких виділяються харчові й кормові добавки, що використовуються для наповнення метантенків.

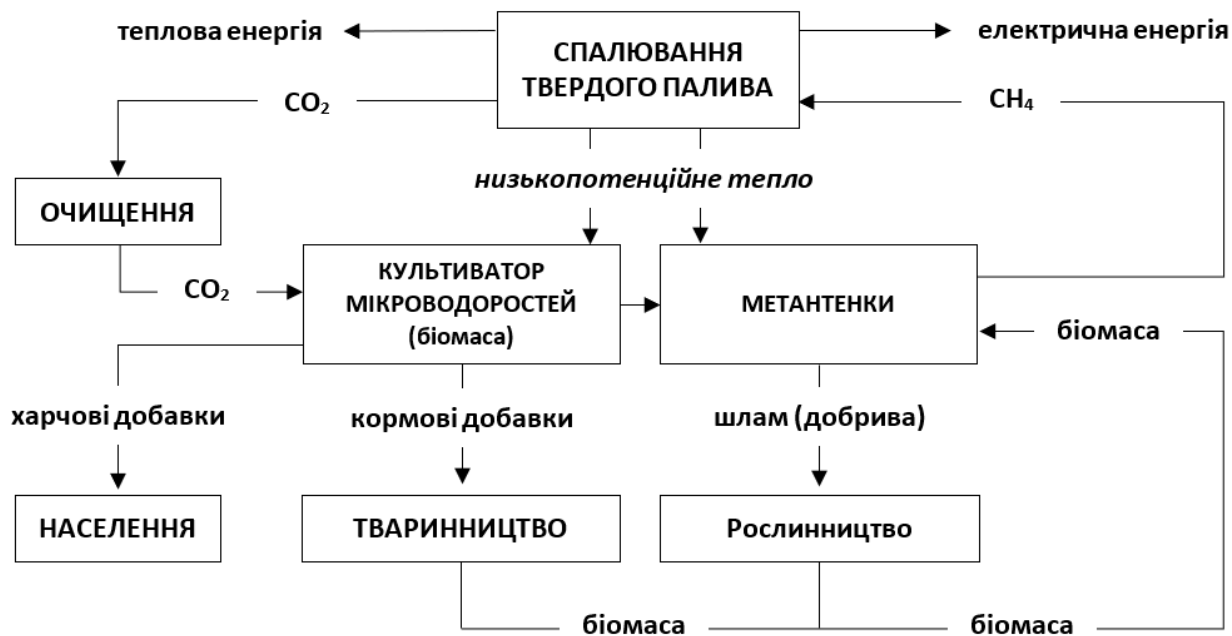


Рисунок 3.1 – Когенераційна енергоустановка з одночасної утилізації рослинних відходів всіх типів

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Для культивування мікробіодоростей використовується CO₂, який утворюється при спалюванні твердого палива в котлах. Необхідним є додаткове джерело у вигляді природного газу, призначене для покриття пікових навантажень або забезпечення роботи енергоустановки в зимовий період при відсутності рослинної біомаси.

Когенераційна установка такого типу дозволяє одночасно застосовувати усі види рослинних відходів, одночасно забезпечуючи зниження навантаження навколишнє середовище, притаманне прямому спалюванню рослинних відходів, за рахунок використання CO₂ у виробничому процесі.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата						Арк
					ТС 17510008					Арк
										52

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Небезпечні та шкідливі фактори на підприємстві

Кожне виробництво пов'язане з постійним впливом на працюючих виробничих факторів. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори нерозривно пов'язані. До них відносять фактори, які в результаті свого тривалого або короткочасного впливу на людину призводять до погіршення стану його здоров'я або до травми [1, 2, 4, 8, 9].

У загальному випадку будь які фактори, які діють на працюючого, знижують його працездатність або призводять до різних захворювань (професійні хвороби). Межа між двома групами факторів досить умовна. При деяких умовах шкідливі виробничі фактори є небезпечними.

Всі фактори на будь-якому підприємстві можуть мати різне походження. Це питання потребує особливої уваги з боку перевіряючих органів. Всі шкідливі виробничі фактори ГОСТ поділяє на наступні групи [9]:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Хімічні фактори. На виробництві завжди є технологічні процеси, обладнання, які є джерелом виділення хімічних речовин. До цих проваджень можна віднести: очищення деталей за допомогою хімічних засобів; фарбування устаткування; зварювальні роботи та інше. При здійсненні всіх цих процесів виділення шкідливих речовин неминуче, але, як правило, посилене їх утворення пов'язане з недотриманням технологій або невмілим їх використанням [2, 9].

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

53

Фізичні фактори. На багатьох виробництвах просто неможливо уникнути впливу фізичних факторів [9]. Серед них особливе місце займають:

- температура, висока вологість і випромінювання;
- електромагнітні поля;
- лазерне і ультразвукове випромінювання;
- вібрація;
- шум;
- освітлення;
- вплив пилу і аерозолів;
- працюючі частини обладнання.

Кожен фактор окремо не становить особливої небезпеки для здоров'я людини при короткочасному впливі, але часто працівник перебуває тривалий час у їх оточенні, та ще відразу декількох, тому їх вплив стає відчутним.

Шум і його вплив на людину. На підприємствах, де застосовуються верстати та інше обладнання, постійно присутній шум. Постійно працююча техніка видає гучні звуки, які можуть змінювати свою інтенсивність. Якщо працюючий змушений регулярно зазнавати впливу надмірного шуму, то це негативно позначиться на його здоров'ї [1, 4, 9]. Від сильного шуму починає боліти голова, підвищується тиск, знижується гострота слуху. Зрештою, від таких умов знижується працездатність, з'являється втома, знижується увага, а це ймовірно може привести до нещасного випадку.

Вібрація входить в перелік шкідливих виробничих факторів. Її класифікують по декількох категоріях:

- за способом передачі: загальна і локальна.
- за напрямом: вертикальна і горизонтальна.
- за часом дії: тимчасова і постійна.

В результаті постійного впливу вібрації починає страждати не тільки нервова система, а й опорно-рухова, і система аналізаторів. Робітники, які змушені працювати в таких умовах, часто скаржаться на головні болі,

Підпис і дата
Інв.№дубл.
Взаєм.інв.№
Підпис і дата
Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк

запаморочення, заколисування. Якщо додати ще і вплив супутніх чинників, таких як вологість, висока температура, шум, то це тільки посилює шкідливий вплив вібрації.

За своїм впливом на організм людини шкідливі та небезпечні виробничі фактори хімічної природи поділяються на:

- токсичні: діють негативно на весь організм, наприклад чадний газ, ртуть, свинець.

- дратівливі: ацетон, хлор, оксиди азоту викликають подразнення слизових оболонок.

- канцерогенні: оксиди хрому, берилій зі своїми з'єднаннями можуть призводити до розвитку ракових клітин, викликають алергічні реакції, мутагенні. Провокують зміни на рівні ДНК клітини, впливають на репродуктивну функцію.

Фактори трудового процесу. До психофізіологічних факторів можна віднести тягар умов праці і його напруженість. Наприклад, навантаження на опорно-рухову, серцево-судинну, дихальну системи.

Під напруженістю роботи мається на увазі навантаження на нервову систему, органи почуттів (аналізатори). Сюди можна віднести тривалу розумову роботу, монотонність виконуваних процесів, емоційні перевантаження. Все це шкідливі виробничі фактори, які, якщо розібратися, практично кожен з нас на своєму робочому місці відчуває в тій чи іншій мірі [1, 2, 9].

На будь-якому підприємстві необхідно з метою створення сприятливих умов для працівників намагатися забезпечувати комфортну обстановку. Це стосується, насамперед, чистоти повітря у виробничих приміщеннях. Санітарно-гігієнічні служби розділяють основні шкідливі виробничі фактори на хімічні речовини та промисловий пил. Перші, в свою чергу, поділяються на:

Незважаючи на всі заходи, спрямовані на нейтралізацію шкідливого впливу факторів, неможливо досягти ідеальних умов праці. Останнє обумовлено особливостями технологічних процесів, продукції та сировини для її виготовлення [1, 2, 4].

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк 55

4.2 Поведінка персоналу під час паводку

Паводком приймають інтенсивний порівняно короткочасний підйом рівня води в річці, який викликаний частими дощами, зливами, а іноді і швидким таненням снігу при відлигах. На відміну від повіддя, паводки можуть повторюватися кілька разів за рік. Особливу загрозу представляють так звані раптові паводки, пов'язані з короткочасними, але дуже інтенсивними зливами, що трапляються і взимку через відлиги [26].

У разі загрози виникнення паводку персоналу необхідно [26]:

- уважно слухати інформацію та інструкції про порядок дій, не користуватися без потреби телефоном, щоб він був вільним для зв'язку;
- зберігати спокій, попередити колег, надати допомогу іншим співробітникам;
- дізнатися у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування місце збору мешканців для евакуації та готуватися до неї;
- підготувати документи, одяг, найбільш необхідні речі, запас продуктів харчування на декілька днів, медикаменти;
- від'єднати всі споживачі електричного струму від електромережі, перекрити газ;
- перенести більш цінні речі та продовольство на верхні поверхи або верхні полиці.

У зоні раптового затоплення необхідно [26]:

- швидко зібрати необхідні документи, цінності, ліки, продукти та інші необхідні речі;
- по можливості негайно залишити зону затоплення;
- вимкнути електро- та газопостачання, загасити вогонь, зачинити вікна та двері;
- піднятися на верхні поверхи або дахи;

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

56

– до прибуття допомоги залишатися на верхніх поверхах, дахах, деревах чи інших підвищеннях, сигналізувати рятувникам, щоб вони мали змогу швидко вас знайти;

– перевірити чи немає поблизу постраждалих, надати їм, по можливості, допомогу;

– потрапивши у воду, зняти з себе важкий одяг і взуття, відшукати поблизу предмети, якими можна скористатися до одержання допомоги;

– не переповнювати рятувальні засоби (катери, човни, плоты та інше).

Після паводку [26]:

– переконатися, що приміщення не отримало ушкоджень та не загрожує заваленням, відсутні провалини в приміщенні та навколо нього;

– не користуватися електромережею до повного осушення приміщення;

– обов'язково кип'ятити питну воду, особливо з джерел водопостачання, які були підтоплені;

– просушити приміщення, провести ретельне очищення та дезінфекцію;

– заборонено вживати продукти, які були підтоплені водою під час повені, він них необхідно позбутися;

– все обладнання та речі, що було затопленим, підлягає дезінфекції.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

57

ВИСНОВКИ

В роботі досліджено сучасні технологічні рішення, які застосовуються для утилізації рослинних відходів в енергетичних цілях, проведено їх порівняльний аналіз з урахуванням показників екологічної безпеки. Встановлено що проблема утворення значних обсягів рослинних відходів потребує першочергового вирішення за рахунок їх використання як вторинної сировини із залученням їх у виробництво електричної та теплової енергії. Особливо актуальними є пошук та розробка технологічних рішень, спрямованих на утилізацію, знешкодження та екологічно безпечне видалення. Розв'язання зазначеної проблеми має високий потенціал для забезпечення енерго- та ресурснезалежності держави.

Аналіз статистичних даних щодо поводження з відходами в Україні, дозволив встановити, що протягом останніх років серед найпоширеніших способів переробки й утилізації рослинних відходів залишаються: спалювання та компостування. Однак при наявності великої кількості видів технологій компостування, вони в основному базуються на аеробній біотермічній обробці рослинних відходів. Застосування компостування на промислових виробництвах є економічно невиправданим через високу вартість обладнання. Встановлено, що в Україні активно розвивається мережа енергетичних комплексів які працюють на біопаливі (деревина, пелети, відходи харчової промисловості та ін).

До стратегічних напрямків поводження з рослинними відходами належить їх застосування для виробництва енергії. Причому перевага надається запровадженню комбінованих процесів виробництва тепла і електроенергії з використанням виключно відходів рослинного походження як сировини та впровадженню процесів анаеробного розкладення відходів на суб'єктах господарювання сільськогосподарського сектору.

Встановлено, що найбільшу частку серед відходів сільського господарства складають саме відходи рослинного походження. У загальній структурі відходів

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

Арк

58

виробництва продукції сільського господарства відходи рослинного походження становлять близько 64 відсотків. Вирішення проблеми подальшого поводження саме з рослинними відходами становить першочергову задачу яка стоїть перед окремими господарствами та країни вцілому. Побудовані у роботі прогнози щодо обсягів утворення рослинних відходів у найближчі роки, дозволив встановити, що включно до 2030 року слід очікувати поступове зменшення обсягів утворення відходів рослинного походження. Із врахуванням результатів позитивного та негативного прогнозів обсяги утворення рослинних відходів, залишатимуться на стабільно високому рівні 7 400–8 000 тис. тонн на рік. Останнє свідчить про високий потенціал використання рослинних відходів в якості поновлюваного джерела енергії.

Приймаючи до уваги фізико-хімічні властивості рослинних відходів та їх різноманітність, доведено, що найбільш перспективними технологіями використання рослинних відходів є пряме спалювання; піроліз; газифікація; анаеробна ферментація з утворенням метану. Кожному із методів отримання енергії з рослинних відходів притаманні як переваги так і недоліки. Анаеробна ферментація є технологічно складним процесом, однак на відміну від попередніх методів має високий рівень екологічної безпечності для навколишнього природного середовища.

З метою пошуку комбінованих процесів виробництва тепла і електроенергії з використанням виключно відходів рослинного походження як сировини, запропоновано використовувати когенераційну енергоустановку. Робота такої установки передбачає одночасну утилізацію рослинних відходів всіх типів, за рахунок спалювання твердих рослинних відходів та культивуванні мікробіодоростей, з яких виділяються харчові й кормові добавки для наповнення метантенків та отримання біогазу. Вона представляє собою замкнену систему для всіх біогенних елементів та забезпечує зниження навантаження навколишнє середовище, притаманне прямому спалюванню рослинних відходів, за рахунок використання CO₂ у виробничому процесі.

Інв.№подл.	Підпис і дата
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підпис і дата	Підпис і дата

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

Арк
59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Авраменко Н. Л. Охорона праці : навч. посіб. / Н. Л. Авраменко, І. С. Сагайдак. – Ірпінь : Університет ДФС України, 2018. – 264 с.
2. Атаманчук П. С. Охорона праці в галузі: навч. посіб. / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий. – К. : ЦУЛ, 2017. – 322 с.
3. Батенин В. М. Термические методы переработки древесины и торфа в энергетических целях / В. М. Батенин, А. В. Бессмертных, В. М. Зайченко // Теплоэнергетика. – 2010, – №11. – С.36–42.
4. Буц Ю. В. Безпека життєдіяльності та охорона праці : довідник у 2-х ч. Ч.1 : (А – Н) / Ю. В. Буц, О. І. Богатов, О. Г. Зима та ін.; за заг. ред. Ю. В. Буца. – Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 182 с.
5. Гаценко М. В. Компостування органічної речовини. Мікробіологічні аспекти. Сільськогосподарська мікробіологія. – 2014. – Вип. 19. – С. 11–20.
6. Гелетуха Г. Г. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1. / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна // Промислова теплотехніка. – 2010. – Т. 3, №3. – С. 73–79.
7. Горох Н. П. Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов / Н. П. Горох // Коммунальное хозяйство городов: науч. – техн. сборник – К.: Техніка, 2005. – вып. 63. – С. 172–181.
8. ГКД 34.02.305-2002 Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – Київ: Видавництво “КВІЦ”, 2002. – 44 с.
9. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text> (дата звернення: 13.02.2021)

Підпис і дата	Інв.№дубл.	Взаєм.інв.№	Підпис і дата	Інв.№подл.

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

ТС 17510008

10. Державна служба статистики України. Статистичний збірник «Довкілля України» за 2010, 2015, 2017–2019 роки. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/11/Dovk_19.pdf (дата звернення: 10.02.2021)

11. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Біоенергетика. Режим доступу: <https://sae.gov.ua/ae/bioenergy> (дата звернення: 16.03.2021)

12. Єлізаров О. І., Лисенко О. І. Отримання біогазу з опалого листя. Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. 2013. № 4. С. 166–169.

13. Железная Т. А. Энергетические культуры как эффективный источник возобновляемой энергии / Т. А. Железная, А. В. Морозова // Промышленная теплотехника. – 2008. – Т. 30, №3. – С. 60–67.

14. Geletukha G.G., Kucheruk P.P., and Matveev Yu.V. Perspectives of biomethan manufacture and use in Ukraine. Analytical note ВАУ. 2014; 11: 42 p.

15. Забарний Г. М. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України / Г. М. Забарний, А. В. Шурчков – К. : ІТТФ НАНУ, 2002. – 211 с.

16. Закон України «Про відходи». ВВР України 1998, № 36-37, із змінами № 554-IX від 13.04.2020. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 11.04.2021)

17. Калетник Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні / Г.М. Калетник. – К.: Аграрна наука, 2008. – 464 с.

18. Карп І. Н. Использование генераторного газа в коммунальной теплоэнергетике / И. Н. Карп, К. Е. Пьяных, Е. Е. Никитин // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2009. – №2. – С. 18–24.

19. Ключ С. В. Визначення та прогнозування енергетичного потенціалу деревини та її відходів / С. В. Ключ // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. Вип. 227. – С. 84–91.

20. Кухарець В. В. Енергетичний потенціал соломи в районах Житомирської області / В. В. Кухарець, В. Р. Білецький, С. М. Виговський // Науковий вісник

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
----	-----	----------	--------	------

ТС 17510008

НУБіПУ. – К.: – 2009. – №134. – Ч.2. – С.74–80.

21. Korz D.J. Biomethane Production – Input Material, Technology and Energetic Utilization in: Thomé-Kozmiensky K. J., Thiel S. (Eds.). Waste Management. 2012; 3: 547–552.

22. Ключ С. В. Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины / С. В. Ключ, Г. Н. Забарный // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2011. – № 2(24). – С. 8–13.

23. Ключ С. В. Актуальність в вирощування енергетичних культур на землях, не придатних для сільськогосподарського виробництва / С. В. Ключ // Промышленная теплотехника. – 2013. – Т.35. – №2 – С. 57–63.

24. Ключ С. В. Енергоефективне перетворення біомаси в горючий газ і біовугілля в газогенераторах щільного шару палива: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. спец. 05.14.08 / С. В. Ключ. – Київ, 2016. – 167 с.

25. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: Монографія. /За ред. В.В. Клименка – Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. – 162 с.

26. Левчук К. О. Цивільний захист: навчальний посібник / К. О. Левчук, Р. Я. Романюк, А. О. Толок – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016 р. – 325 с.

27. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Постанова КМУ від 8 листопада 2017 р. № 820-р. із змінами від 09.09.2020. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 10.02.2021)

28. Інтерактивна мапа. UA MAP. Проекти відновлюваної енергетики та енергоефективності. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uamap.org.ua/project/map?ProjectSearch%5Bfilters%5D=7%3A%3B8%3A3&ProjectSearch%5Bregion_id%5D=&ProjectSearch%5Belectric_power_min%5D=&ProjectSearch%5Belectric_power_max%5D=&ProjectSearch%5Binvestment_min%5D=&ProjectSearch%5Binvestment_max%5D= (дата звернення: 18.04.2021)

Підпис і дата						
Інв.№дубл.						
Взаєм.інв.№						
Підпис і дата						
Інв.№подл.						
Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк
						62

29. Інтерактивна база даних. Global Energy Statistical Yearbook. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://yearbook.enerdata.ru/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата звернення: 22.04.2021)

30. Охота Ю. В., Козак К. В. Основні тенденції ефективного використання біогазу в Україні. Ефективна економіка. 2018. № 4. – URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=6264> (дата звернення: 13.04.2021).

31. Пухнюк О. Ю. Утворення біогазу на полігонах твердих побутових відходів України та оцінка потенціалу його енергетичного використання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. спец. 05.14.08 / О. Ю. Пухнюк. – Київ, 2013. – 26 с.

32. Петрушанко А. С. Викиди забруднювальних речовин в атмосферне повітря при спалюванні біомаси в твердопаливних котлах / А. С. Петрушанко, І. О. Рой, Є. В. Батальцев // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали та програма IV Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 19-22 квітня 2016 р.: у 2-х ч. / Редкол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. – Суми : СумДУ, 2016. – Ч.2. – С. 69-70.

33. Павличенко А. В. Дослідження властивостей рослинних відходів та обсягів їх утворення на території м. Дніпропетровськ / А. В. Павличенко, О. О. Борисовська // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2012. – № 39. – С. 207-214. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2012_39_30 (дата звернення: 08.03.2021).

34. Роїк М. В. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні / М. В. Роїк, В. Л. Курило, О. М. Ганженко, М. Я. Гументик // Цукрові буряки. – 2012. – №2 – 3. С. 6–8.

35. Сталінська І.В. Особливості екологічної безпеки у системі "тверді побутові відходи – навколишнє середовище – здоров'я людини" // Науковий вісник НЛТУ України. – 2016. – Вип. 26(7). – С. 238–244

36. Сорока М. Л. Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій

Підпис і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підпис і дата	
Інв.№подл.	

Ви	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ТС 17510008	Арк 63

при поводженні з відходами рослинного походження. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Міністерство освіти і науки України, м. Дніпро, 2019.

37. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Біотермічна твердофазна ферментація гною. Праці ТДАТА; Вип. 8, т. 3. – 2008. – С. 145-150.

38. Соловей О. І. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії / Соловей О. І., Лега Ю. Г., Розен В. П. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. 490 с.

39. Титко Р. Відновлювані джерела енергії / Р. Титко, В. Калініченко. – Варшава – Краків – Полтава: OWG, Варшава, 2010. – 533 с.

40. Шаніна Т.П. Управління та поводження з відходами: підручник / Т.П. Шаніна, О.Р. Губанова, М.О. Клименко та ін. / за ред. Т.А. Сафранова, М.О. Клименко. – Одеса : Вид-во ТЕС, 2012. – 272 с.

Інв.№подл.	Підпис і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підпис і дата						Арк
					ТС 17510008					