

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Леонід ПЛЯЦУК  
(підпис)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня бакалавр**  
зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-  
професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»  
на тему:

**ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ**  
**РОСЛИНИЦТВА В ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ**

Здобувача групи ТС-01 Птащенко Романа Юрійовича

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

\_\_\_\_\_ Роман ПТАЩЕНКО  
(підпис)

Керівник – професор кафедри екології  
та природозахисних технологій,  
доктор технічних наук,  
професор

\_\_\_\_\_ Лариса ГУРЕЦЬ  
(підпис)

**Суми – 2024**

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра екології та природозахисних технологій  
Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Зав. кафедрою \_\_\_\_\_  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Птащенку Роману Юрійовичу Група ТС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Технології використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів»
2. Вихідні дані до роботи: дані з вітчизняних фахових та наукових видань , державні екологічні нормативи.
3. Перелік обов’язково графічного матеріалу: презентація
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9	10
1	Збір та опрацювання літературних даних	x	x				
2	Опрацювання методів відходів рослинництва		x	x			
3	Розроблення рекомендацій щодо технологій використання рослинництва в якості енергетичних ресурсів			x	x		
4	Виконання завдань за розділом «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»				x	x	
5	Оформлення бакалаврської роботи						x

Дата видачі завдання 03.04.2024 р.

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н проф. Гурець Л.Л.  
(посада, прізвище)

## РЕФЕРАТ

*Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.* Робота складається із вступу, 5 розділів, висновка, списку використаних джерел, який містить 22 найменування. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 40 с, у тому числі 9 рисунків, 1 таблиця, список використаних джерел 4 сторінки.

*Мета роботи* – головною метою є визначення потенціалу використання цих відходів для забезпечення сталого енергетичного розвитку та збереження довкілля

*Для досягнення мети було поставлено і виконано такі завдання:*

1. Вивчити утворення відходів рослинництва в Україні, проаналізувати статистичні дані та визначити основні джерела цих відходів.

2. Дослідити різні види відходів рослинництва, які можуть бути використані для виробництва енергії, зокрема відходи для отримання біогазу та відходи для спалювання.

3. Провести огляд технологій отримання біогазу з відходів рослинництва та технологій спалювання рослинних решток.

4. Здійснити порівняльний аналіз ефективності технологій використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів цих відходів для забезпечення сталого енергетичного розвитку та збереження довкілля . У кваліфікаційній роботі

*Об'єкт дослідження* – екологічних аспектів використання відходів рослинництва

*Предмет дослідження* – використання відходів рослинництва

У кваліфікаційній роботі проаналізовано особливості переробки відходів, їх властивості та технологічні аспекти перероблення та поглиблення про забезпечення сталого енергетичного розвитку та збереження довкілля





для виробництва енергії, зокрема відходи для отримання біогазу та відходи для спалювання.

3. Провести огляд технологій отримання біогазу з відходів рослинництва та технологій спалювання рослинних решток.

4. Здійснити порівняльний аналіз ефективності технологій використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів.

*Мета дослідження:* Метою цієї дипломної роботи є аналіз екологічних аспектів використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів, огляд існуючих технологій їх переробки та порівняльний аналіз ефективності цих технологій.

*Структура роботи:* Дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Вступ визначає мету та завдання дослідження, а також описує загальну структуру роботи. Розділи розглядають вказані аспекти дослідження, а висновки узагальнюють отримані результати.

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

Інв.№	Подо	Підп.	і	дата	Взаєм.інв.№	Інв.№	дата	20510066	Арк
Вип	Арк	№	докум.	Підп.	Дата	6			



важливий для ефективного використання ресурсів та зменшення негативного впливу на довкілля[4].

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

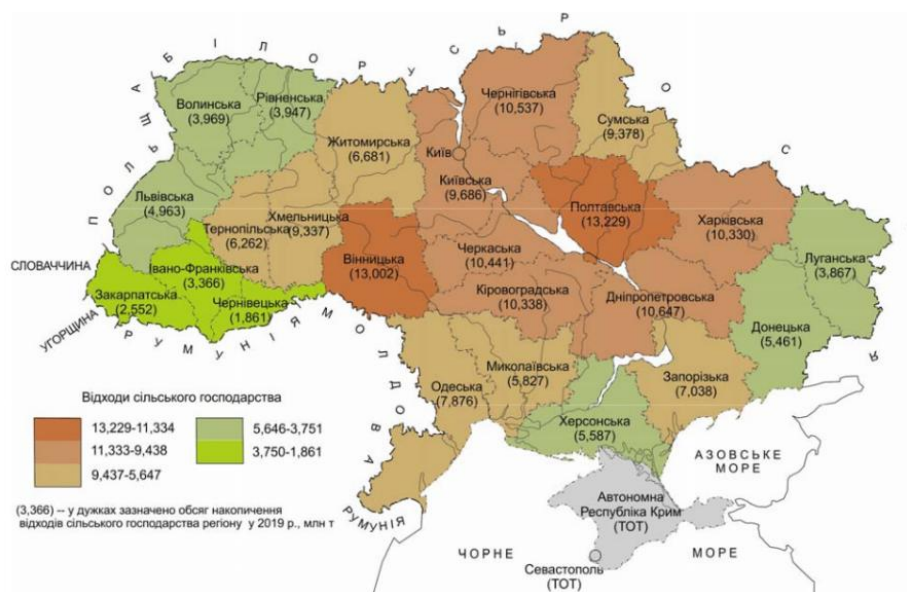


Рисунок 1.1 - Відходи сільського господарства за регіонами України[8]

### 1.2. Види відходів, що використовуються як енергетичні ресурси

Пожнивні рештки є значним джерелом потенційної відновлюваної енергії. Ці відходи включають різноманітні органічні матеріали, що утворюються під час виробництва та переробки сільськогосподарських культур, а також після їх споживання. Їх можна розділити на дві основні категорії: відходи, які можна анаеробно зброджувати для отримання біогазу, і відходи, які можна спалювати для виробництва тепла та електроенергії.

Пожнивні рештки можна використовувати для виробництва біогазу, який є складною сумішшю газів, переважно метану і вуглекислого газу, або для прямого спалювання в спеціальних установках.

Таке використання поживних решток не лише сприяє розширенню джерел енергії, але й зменшує кількість відходів, що захоронюються на

Інв.№подд.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дата	20510066		Арк
				Вип	Арк	№ докум.



звалищах, та негативний вплив на навколишнє середовище за рахунок зменшення викидів парникових газів та інших забруднень.

При виробництві та переробці сільськогосподарської продукції утворюються різні види органічних відходів. Серед них можуть бути

- Солома та стебла рослин дозріли: після збору врожаю солома та стебла залишаються на полях. Ці рослинні відходи можна використовувати для виробництва біогазу або як паливо для теплоелектростанцій.

- Сільськогосподарські відходи: сюди відносяться відходи від обробки та переробки сільськогосподарських культур, такі як лушпиння, мул та інші органічні залишки. Ці матеріали також можна використовувати для виробництва енергії.

- Біомаса та біологічні відходи: це можуть бути різні органічні відходи, що виникають у сільському господарстві та харчовій промисловості. Наприклад, обрізки дерев, відходи від переробки фруктів та овочів тощо.

- Біологічні відходи після споживання: включає органічні відходи, що утворюються після споживання їжі, такі як кухонні відходи, залишки їжі тощо.

Типи відходів, розглянуті вище, є лише деякими з можливих джерел органічної сировини для виробництва енергії. Існує багато інших органічних матеріалів, які можуть бути використані в цій галузі.

Інв.№	№	Дата				
Взаєм.інв.№						
Підп. і дата						
Інв.№	Подо					
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						9



Рисунок 1.2 - Енергія з біомаси[13]

У Великобританії працюють дві електростанції на соломі, що є найпотужнішою в світі[13]. Солома зернових культур, об'ємом близько 200 тис. т/рік, є основним паливом цієї ТЕС. До 10% загального обсягу палива складають також інші види біомаси та природний газ [13].

Принаймні дві електростанції на соломі експлуатуються в Іспанії. Зола від спалювання соломи використовується для виробництва органічного добрива. У Польщі використання соломи для виробництва енергії розпочалося ще у 1990-х роках[14]. Поштовхом було скорочення поголів'я худоби, в результаті чого утворився надлишок соломи у 8 млн. т/рік. Наразі в Польщі працюють близько 100 котлів малої потужності на соломі й більше 40 невеликих та середніх котельнь в системі централізованого теплопостачання .

В Швеції ринок соломи як палива знаходиться в процесі розвитку. Наразі в країні працює порівняно невелика кількість фермерських котлів на соломі

Інв.№подл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дата	20510066			Арк
				Вип	Арк	№ докум.	Підп.

та котлів в системі централізованого теплопостачання. Технології виробництва енергії з соломи активно розвиваються також в Китаї[13].

Таблиця 1.1 - Характеристика енергомісткості соломи[17]

Вид соломи	Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	Питомий об'єм, м <sup>3</sup> /т	Питома енергетична цінність, МВт/м <sup>3</sup>
Звичайна солома ворох	20-50	20-50	0,07-0,16
Подрібнена	40-60	16-25	0,13-0,19
Тюки прямокутні	70-130		0,23-0,43
Тюки циліндричні	60-90	11-16	0,19-0,29
В'язанки	50-110		0,16-0,36
Брикети	300-450	2,2-3,3	0,99-1,48

Пряме використання біомаси для одержання енергії є більш екологічно безпечним, ніж, наприклад, вугілля[13]. При спалюванні біомаси виділяється менше ніж 0,2% сірки і від 3 до 5% золи в порівнянні з 2-3 і 10-15% для вугілля, решта переважно вуглекислий газ. Крім того, зола біомаси може повернутися в ґрунт, що забезпечує замкнутість кругообігу біогенних елементів. З точки зору обліку вуглекислого газу біомаса є практично нейтральною. Так як в період росту рослини поглинають сонячну енергію, воду, вуглекислий газ, виділяють кисень і утворюють вуглець в процесі фотосинтезу, то під час спалювання процес йде у зворотному напрямку: кисень поглинається, а теплота, вода і вуглекислий газ виділяються[13]. У цьому процесі кількість поглиненого і виділеного вуглекислого газу абсолютно однакова[13]. В процесі утворення 1 кг сухої біомаси (деревини)

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подо

поглинається 1,83кг CO<sub>2</sub> і стільки ж виділяється при її розкладанні (окисленні, горінні)[13]. Що стосується нафти, вугілля і газу, то спостерігається та ж закономірність для CO<sub>2</sub> (для викопного палива), але час, необхідний для відновлення балансу CO<sub>2</sub>, необхідно більше часу.

Зокрема значно зросло споживання біопалива для генерації тепла зі значним накопиченням золи при сушінні зерна кукурудзи, соняшника і сої в сільськогосподарських підприємствах Сумської і Чернігівської областей. Так, згідно даних наданих нам співробітниками компанії ТОВ «Кроп-Інкріс» (м.Ромни, Сумська область), в 2020 році до 65,4% клієнтів компанії сушили продукцію рослинництва з використанням для генерації тепла газ, 23,6% клієнтів комбінували газ і тверде паливо (деревина і солома), до 5,4% тільки мазут. В 2023 році ситуація кардинально змінилася. Сьогодні для сушки зерна використовують тільки газ 34,1% клієнтів, комбінують газ з твердим паливом – 30,7%, деревину і солому – 29,5%, мазут – 5,7%.

Україна належить до країн з високим біоенергетичним потенціалом. Перспективи розвитку біоенергетики в Україні визначені Національним планом дій з відновлювальної енергетики на період до 2020р., затвердженим Урядом 1 жовтня 2014р. Відповідно до нього, біоенергетика повинна вийти до 2020р. на рівень заміщення природного газу в 8,3 млрд. м<sup>3</sup> на рік (діаграма “Динаміка скорочення споживання природного газу за рахунок біоенергетики в Україні”).



Рисунок 1.3 - Динаміка скорочення споживання природного газу за рахунок біоенергетики в Україні, млрд.м<sup>3</sup> [11]

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

За даними Біоенергетичної асоціації України, завдяки введенню в експлуатацію у 2015р. нового устаткування на біоенергетичних ресурсах було заміщено близько 500 млн. м<sup>3</sup> природного газу[11]. Загальне заміщення природного газу (з урахуванням устаткування, введеного раніше) наблизилося наприкінці 2015р. до 3 млрд. м<sup>3</sup> природного газу на рік[11]. Отже, 2015р. відзначився суттєвим скороченням споживання природного газу, яке склало 33,7 млрд. м<sup>3</sup> (у 2014р. – 42,6 млрд. м<sup>3</sup> ) [11]. Майже 60% загального споживання забезпечено за рахунок власного видобутку – 19,9 млрд. м<sup>3</sup> , іншу частину – 16,4 млрд. м<sup>3</sup> – за рахунок імпорту[11]. Варто зазначити, що за показником прогнозних ресурсів нетрадиційного газу – їх сумарний обсяг перевищує 20 трлн. м<sup>3</sup> 25 – Україна належить до 10 найперспективніших країн світу щодо потенційних можливостей видобутку[11]. До останнього часу зберігалася висока увага іноземних компаній до України як перспективної країни видобутку нетрадиційного газу, що підтверджується укладеними угодами зокрема з Shell та Chevron. Але, через непослідовну податкову політику, що проводилася у 2015р. у частині встановлення рентних ставок, Shell вимушена була призупинити роботу, а Chevron – вийти з українського газового ринку, що зрештою погіршило для України перспективні можливості з покриття потреб споживання власними силами[11].

### 1.2.1 Відходи для отримання біогазу

Цей тип відходів включає різноманітні органічні матеріали, які можуть бути піддані анаеробному зброджуванню для виробництва біогазу. Основними джерелами відходів для виробництва біогазу є

1) *Біомаса*: це можуть бути органічні залишки сільськогосподарських культур, такі як солома, лушпиння, відходи обрізки дерев тощо. Біомаса

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						13

містить багато органічних речовин, які можуть розкладатися анаеробними мікроорганізмами з утворенням біогазу.

2) *Органічні відходи:* до них відносяться органічні відходи з домашнього господарства, такі як органічне сміття, харчові відходи, кухонні залишки тощо. Ці відходи також можуть бути використані для виробництва біогазу в процесі анаеробного зброджування.

3) *Стічні води:* органічні речовини, що містяться у стічних водах, також можуть бути використані для виробництва біогазу в процесі анаеробного зброджування.

Процес виробництва біогазу з цих відходів зазвичай включає їх збір, переробку та анаеробне зброджування в спеціальних установках, таких як біогазові заводи. Отриманий біогаз, який складається переважно з метану та вуглекислого газу, можна використовувати як джерело енергії для опалення, виробництва тепла або електроенергії.

- Процес анаеробного зброджування: у біогазових установках органічні матеріали перетворюються на біогаз у процесі анаеробного зброджування. Це біологічний процес, який відбувається за відсутності кисню під дією анаеробних бактерій. В результаті цього процесу виділяється газ, який складається в основному з метану і вуглекислого газу.

- Технології виробництва біогазу: існують різні технології виробництва біогазу, такі як біопаливні заводи, біогазові реактори та біогазові камери. Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, але загальною метою є ефективне використання органічних відходів для виробництва енергії.

- Утилізація біогазу: отриманий біогаз можна використовувати для різних цілей, включаючи опалення, виробництво електроенергії та тепла. Його можна використовувати в різних галузях, від сільського господарства до промисловості та комунальних послуг.

- Екологічні переваги: використання біогазу як джерела енергії має значні екологічні переваги порівняно з традиційними джерелами енергії,

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

20510066

Арк

14

такими як вугілля або нафта. Це допомагає зменшити викиди парникових газів та інше забруднення, полегшує утилізацію органічних відходів і зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.[16]

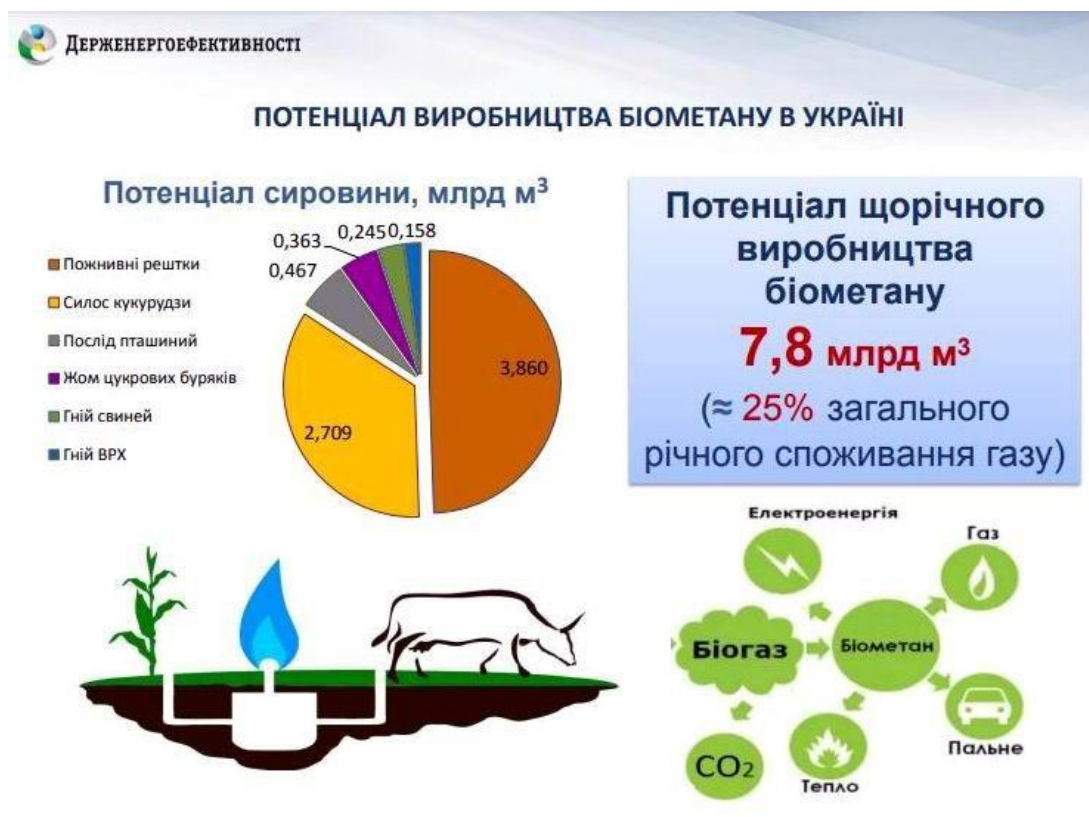


Рисунок 1.4 - Потенціал виробництва біометану в Україні[16]

### 1.2.2 Відходи для спалювання

Цей тип відходів включає суху біомасу та біологічні рештки, які можна спалювати для виробництва тепла та електроенергії. Основними джерелами відходів для спалювання є

1) Деревина та деревні відходи деревина є одним з найпоширеніших джерел відходів для спалювання. Ці відходи включають обрізки дерев, суху деревину, деревні паливні брикети тощо.

2) Солома та сільськогосподарські відходи- солома, лушпиння та інші сільськогосподарські відходи можуть бути використані для виробництва

Інв.№дата	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

енергії шляхом спалювання. Ці матеріали можна використовувати для опалення, виробництва тепла або електроенергії.

3) Біологічні відходи це можуть бути різноманітні органічні відходи, такі як сільськогосподарські залишки, кухонні відходи, біологічні залишки тощо, які можна використовувати для виробництва енергії шляхом спалювання.

Процес спалювання біомаси та біологічних відходів для виробництва енергії може відбуватися на спеціальних об'єктах, таких як теплові електростанції або котельні. При спалюванні виділяється тепло, яке можна використовувати для обігріву будівель або виробництва електроенергії.

- Технології спалювання: існують різні технології спалювання біомаси та біовідходів, такі як пряме спалювання в котлах, газифікація, піроліз, термохімічна переробка тощо. Кожен метод має свої переваги та недоліки, і вибір конкретної технології залежить від багатьох факторів, таких як доступність сировини, ефективність, економічність та екологічні показники.

- *Ефективність спалювання* це спалювання біомаси та біологічних відходів може бути ефективним методом виробництва енергії, особливо у випадках, коли є достатня кількість сировини та відповідна технологія. Ефективність можна підвищити, використовуючи сучасні технології та обладнання.

- *Екологічні показники*: спалювання біомаси та біологічних відходів може мати менший вплив на навколишнє середовище, ніж традиційні джерела енергії, такі як вугілля або нафта. Однак воно все одно може мати певний вплив на повітря і навколишнє середовище через викиди шкідливих речовин і парникових газів. Тому важливо враховувати екологічні аспекти при розробці та реалізації проектів спалювання біомаси.

- *Перспективи розвитку*: спалювання біомаси та біологічних відходів має перспективи подальшого розвитку як джерело відновлюваної енергії. З розвитком нових технологій та підходів до використання біомаси можна очікувати подальшого зростання її ролі в сучасній енергетиці.

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						16



*Технології спалювання:* існують різні технології спалювання біомаси та біовідходів, такі як пряме спалювання в котлах, газифікація, піроліз, термохімічна переробка тощо. Кожен метод має свої переваги та недоліки, і вибір конкретної технології залежить від багатьох факторів, таких як доступність сировини, ефективність, економічність та екологічні показники.

*Ефективність спалювання:* спалювання біомаси та біологічних відходів може бути ефективним методом виробництва енергії, особливо у випадках, коли є достатня кількість сировини та відповідна технологія. Ефективність можна підвищити, використовуючи сучасні технології та обладнання.[1]

*Екологічні показники:* спалювання біомаси та біологічних відходів може мати менший вплив на навколишнє середовище, ніж традиційні джерела енергії, такі як вугілля або нафта. Однак воно все одно може мати певний вплив на повітря і навколишнє середовище через викиди шкідливих речовин і парникових газів. Тому важливо враховувати екологічні аспекти при розробці та реалізації проектів спалювання біомаси.

*Перспективи розвитку:* спалювання біомаси та біологічних відходів має перспективи подальшого розвитку як джерело відновлюваної енергії. З розвитком нових технологій та підходів до використання біомаси можна очікувати подальшого зростання її ролі в сучасній енергетиці.

Інв.№	Подо	Підп.	Дата	Взаєм.інв.№	Інв.№	Дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						17

## РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ РОСЛИНИЦТВА

Виробництво біогазу з рослинних решток - це процес, заснований на анаеробному біологічному розкладанні органічних матеріалів за відсутності кисню. Цей процес може здійснюватися за допомогою різних технологій та методів. Розглянемо основні технології:

- біопаливні заводи - це спеціальні установки, які використовуються для виробництва біогазу шляхом анаеробного зброджування органічних матеріалів, таких як біомаса, органічні відходи та стічні води. У біопаливних установках біологічні матеріали розкладаються бактеріями в спеціальних реакторах, що призводить до виробництва біогазу.

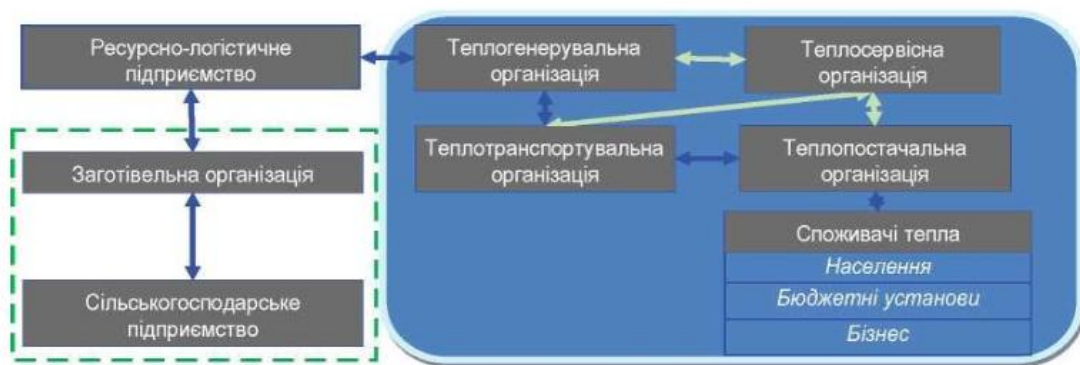


Рисунок 2.1 - Схема відносин суб'єктів господарювання в централізованих котельнях на біопаливі[11]

- біогазові реактори -це ще один тип установок для виробництва біогазу. Біогазові реактори можуть бути різних конструкцій і типів, включаючи анаеробні бактеріальні реактори, реактори парникових газів та інші. У цих реакторах органічні матеріали розкладаються анаеробними мікроорганізмами, в результаті чого виділяється біогаз. Обробка стічних вод відбувається після того, як вони потрапляють до біореактора. Біоактивний шар мулу у біореакторі біологічно розкладає вхідні продукти.

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Погодл.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

- біогазові камери -це спеціальні споруди або контейнери, в яких відбувається процес анаеробного розкладання органічних матеріалів для виробництва біогазу. Біогазові камери можна використовувати для переробки різних видів біомаси та відходів, вони можуть мати різну конструкцію та режими роботи.

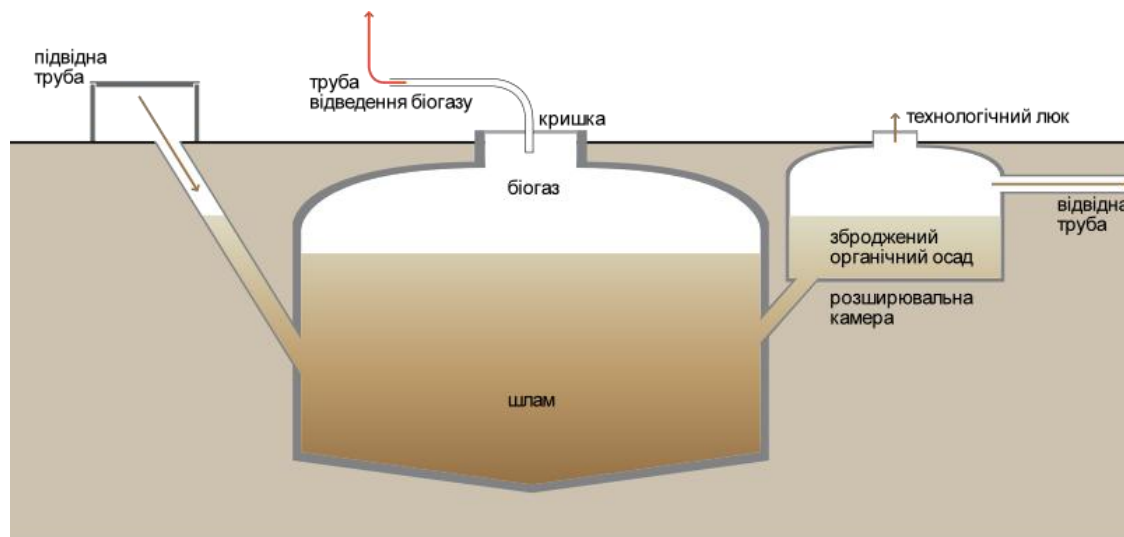


Рисунок 2.2 - Схема роботи біогазової камери[8]

- Технологія метанового бродіння це технологія використовується для виробництва біогазу шляхом ферментації органічних матеріалів у спеціальних реакторах під дією метаногенних бактерій. В результаті ферментації утворюється біогаз, який складається в основному з метану та вуглекислого газу.

- Інтеграція з іншими процесами це використання рослинних решток для виробництва біогазу можна інтегрувати з іншими процесами, такими як компостування органічних відходів або очищення стічних вод. Це дозволяє комплексно використовувати ресурси та оптимізувати процеси виробництва біогазу.

- Використання різних видів біомаси це технології виробництва біогазу можуть бути адаптовані для використання різних видів біомаси, включаючи сільськогосподарські відходи, органічні відходи, біологічні залишки тощо.

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	подд.

Це дозволяє використовувати широкий спектр вхідних матеріалів для виробництва біогазу.

- Оптимізація та ефективність процесу це нові технології та методи дозволяють оптимізувати процеси виробництва біогазу та підвищити його ефективність. Цього можна досягти шляхом вдосконалення конструкції реакторів, впровадження нових каталізаторів, розробки ефективних систем контролю та управління тощо.[2,3,]

- Перспективи розвитку це зростаючий інтерес до використання біогазу як відновлюваного джерела енергії сприяє розвитку нових технологій і методів його виробництва. Прогрес у цій сфері відкриває нові можливості для створення ефективних та екологічно чистих систем виробництва енергії.

Ці технології можна використовувати для ефективного виробництва біогазу з різних джерел органічних матеріалів, таких як сільськогосподарські відходи, харчові відходи, стічні води та інші. Кожна з цих технологій має свої переваги та недоліки і може бути обрана залежно від конкретних умов та потреб[3].

- Біогазові установки це спеціальні установки, де з органічних відходів виробляється біогаз. Біогазові установки можуть бути розташовані на сільськогосподарських підприємствах, а також у міських або промислових зонах.

- Застосування біогазу , вироблений з рослинних відходів, можна використовувати для різних цілей, включаючи виробництво тепла та електроенергії, опалення, приготування їжі, транспортування тощо. Цей вид енергії є відновлюваним і досить екологічно чистим.

- Економічний аспект використання біогазу може мати економічні вигоди, особливо коли він виробляється з власних відходів на місцевому рівні. Це зменшує залежність від імпортованих енергоресурсів і знижує витрати на опалення та електроенергію.

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						20







покращення якості ґрунтів, а синтез-газ - для отримання тепла та електроенергії.

- Біомаса як вторинний ресурс: Окрім прямого використання в енергетичному секторі, рослинні рештки можуть також використовуватися для виробництва біохімічних продуктів, таких як етанол, який відомий своїми екологічно чистими властивостями

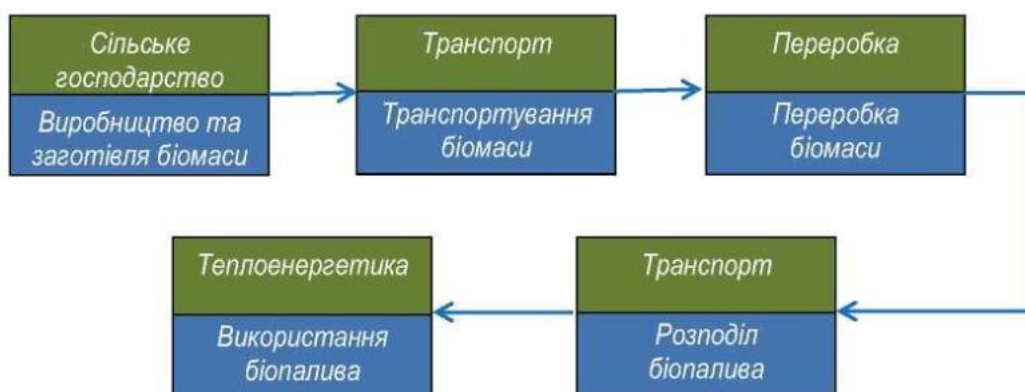


Рисунок 3.1 - Життєвий цикл виробництва сільськогосподарської біомаси, її переробки в біопаливо та використання для теплоенергетики[11]

Спалювання рослинних решток може здійснюватися в різних установках, від невеликих котлів до великих промислових установок, що дозволяє адаптувати технологію до конкретних місцевих умов і потреб. Перевагою цього методу є можливість утилізації матеріалів, які в іншому випадку можуть становити проблему для утилізації, тим самим зменшуючи кількість відходів, що підлягають захороненню. Водночас належне обладнання та сучасні технології дозволяють мінімізувати викиди шкідливих речовин в атмосферу, таких як вуглекислий газ і сірка, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Однак слід також враховувати витрати на підготовку та транспортування біомаси до місць спалювання, що може збільшити загальні операційні витрати цього методу. Іншим важливим аспектом є розвиток місцевих людських ресурсів, здатних обслуговувати такі технології, а також належне регулювання та

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

20510066



контроль з боку державних органів для забезпечення екологічної безпеки процесу.

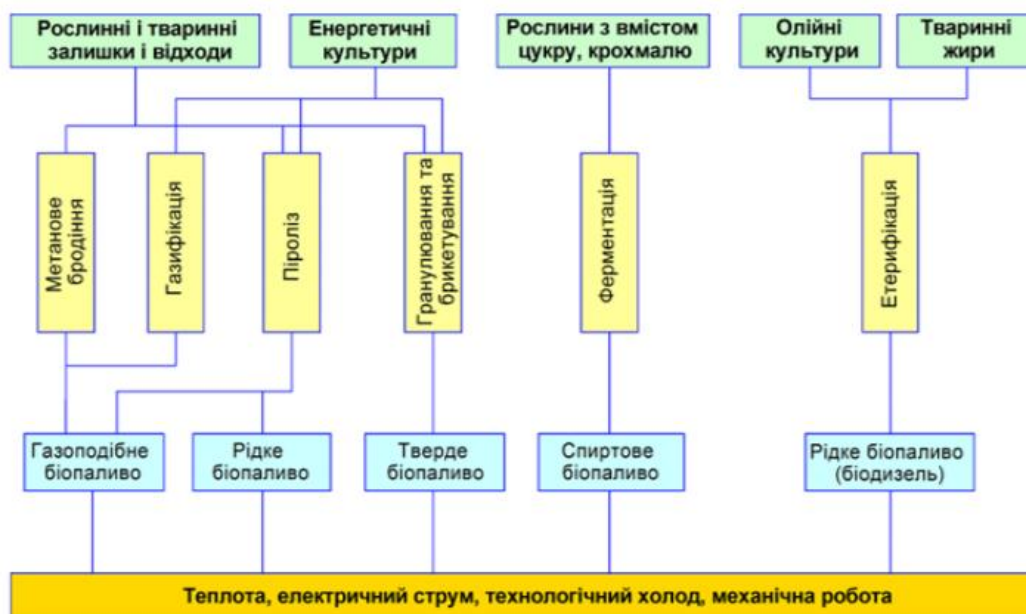


Рисунок 3.2 - Схема використання біомаси сільського господарства для енергетичних потреб[6]

Серед переваг спалювання рослинних решток - можливість отримання стабільного джерела енергії, яке не залежить від коливань цін на нафту чи газ, що може бути важливим для забезпечення енергетичної безпеки країни чи регіону. Крім того, використання біомаси для виробництва енергії може сприяти розвитку сільського господарства та сільських територій, забезпечуючи додаткові джерела доходу для фермерів та селянських домогосподарств. Важливо також, що спалювання рослинних решток може допомогти зменшити потребу в невідновлюваних видах палива, тим самим сприяючи зменшенню тиску на природні ресурси та скороченню викидів парникових газів[6].

Рослинні рештки можна спалювати, використовуючи сучасні технології, щоб мінімізувати викиди шкідливих речовин. Наприклад, встановлення фільтрів та використання методів доочистки димових газів дозволяє значно

Інв.№подд.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дата	20510066					Арк
				Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	25

зменшити викиди діоксинів, сажі та інших шкідливих сполук. Цей процес часто називається біоенергетикою. Сучасні технології дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність використання біомаси. Основні технології включають піроліз, що розкладає біомасу за високих температур у відсутності кисню, отримуючи продукти, які можуть бути використані як паливо або сировина для хімічної промисловості, та газифікацію, що перетворює біомасу на горючий газ (синтез-газ) шляхом часткового спалювання в контрольованому середовищі. Синтез-газ може бути використаний для виробництва електроенергії, теплової енергії або як сировина для хімічної промисловості. Також існує спалювання, де біомасу безпосередньо спалюють у спеціальних котлах для виробництва теплової та електричної енергії, та анаеробне зброджування, що перетворює біомасу в біогаз (метан) шляхом мікробіологічного розкладання у відсутності кисню. Біогаз може бути використаний як паливо для виробництва електроенергії та тепла[21]. Ці технології дозволяють ефективно використовувати рослинні рештки, зменшуючи обсяг відходів та сприяючи виробництву відновлюваної енергії.

Це також дозволяє дотримуватися суворих екологічних стандартів, які набувають все більшого значення в глобальному масштабі.

Однак, незважаючи на ці переваги, спалювання має певні недоліки. Наприклад, неефективне спалювання може призвести до високого рівня вуглекислого газу та інших шкідливих газів, що негативно впливає на клімат і якість повітря. Слід також враховувати, що збір і транспортування поживних решток для спалювання може бути ресурсоємним, що також впливає на загальну ефективність цього методу виробництва енергії.

Існують різні технічні підходи для оптимізації процесу спалювання рослинних решток. Наприклад, камери попереднього спалювання дозволяють більш повно спалювати матеріал, зменшуючи кількість неповного згорання та викидів. Використання сучасних високоефективних

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						26

котлів також сприяє зменшенню викидів і підвищенню ефективності виробництва теплової та електричної енергії[2].

З огляду на зростаючі вимоги щодо зменшення вуглецевого сліду, важливо також розглянути можливості для подальшого збереження енергії, що виробляється під час спалювання. Теплові насоси, когенераційні системи (що виробляють одночасно і тепло, і електроенергію) та вдосконалені системи контролю згорання можуть значно підвищити загальну ефективність процесу.

Крім того, можна точно контролювати умови горіння, такі як температура, тиск і доступність кисню, для оптимального згорання і мінімізації викидів. Впровадження та дотримання суворих нормативних вимог має вирішальне значення для забезпечення екологічної безпеки та сталого використання цієї технології в майбутньому[1].

Інв.№подд.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дата	20510066					Арк
				Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	27

## РОЗДІЛ 4. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ РОСЛИНИЦТВА В ЯКОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

Для проведення порівняльного аналізу технологій використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів, ми розглянемо кілька ключових параметрів: ефективність, вартість, екологічний вплив, та технологічну складність.

**Ефективність:** Отримання біогазу з відходів рослинництва має різну ефективність залежно від типу відходів та умов ферментації. Це може бути менш ефективним порівняно зі спалюванням, коли мова йде про безпосереднє перетворення біомаси в тепло або електроенергію, але дає додаткову користь у вигляді виробництва біогазу, який може бути використаний як паливо.[4,5]

**Вартість:** Технології отримання біогазу зазвичай вимагають більших капіталовкладень порівняно зі спалюванням, через необхідність створення анаеробних реакторів і систем збору та очищення газу. Втім, оперативні витрати можуть бути нижчими, завдяки продажу біогазу або використанню його для генерації енергії.[5]

**Екологічний вплив:** Спалювання рослинних відходів, хоча і забезпечує швидке виробництво енергії, може призвести до значних викидів CO<sub>2</sub> та інших шкідливих речовин. Проте, за допомогою сучасних технологій очищення викидів, цей вплив можна мінімізувати. Отримання біогазу є більш екологічно чистим, оскільки замкнений процес перетворення мінімізує викиди і дозволяє краще контролювати виходи.

**Технологічна складність:** Технології біогазу вимагають значних знань та досвіду для ефективного управління процесом ферментації та подальшого використання газу. Системи спалювання менш складні з технологічної точки

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						28







Рисунок 4.1 - ПОР – дії щодо захисту, сталого управління та відновлення природних і модифікованих екосистем, що ефективно та адаптивно вирішують суспільні проблеми, забезпечуючи добробут людини і біорізноманіття[20]

Для більш точної оцінки економічних вигод та впливу на навколишнє середовище можна використовувати моделювання життєвого циклу для кожної технології окремо. Це дозволить визначити загальні витрати енергії, викиди парникових газів та інші екологічні параметри на кожному етапі виробництва біогазу або енергії з рослинних решток.

У довгостроковій перспективі стратегія інтеграції обох технологій з урахуванням специфіки регіону, наявності відходів, енергетичних потреб та екологічних стандартів може призвести до створення сталої системи використання біомаси, яка не лише забезпечить енергетичну незалежність, але й покращить стан довкілля.[7,9,10]

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Охорона праці при проведенні аналізу біогазу в лабораторії

Охорона праці при проведенні аналізу біогазу в лабораторії є важливим аспектом, оскільки біогаз містить потенційно небезпечні компоненти, такі як метан, вуглекислий газ, сірководень та інші.

*При роботі в лабораторії - повинні дотримуватися:*

- ❖ застосування особистого захисного обладнання: лаборанти повинні носити захисні окуляри, рукавички, лабораторні халати та інші елементи захисту, щоб уникати контакту з біогазом.
- ❖ аналіз біогазу повинен проводитися в спеціальному обладнанні, яке дозволяє безпечно працювати з біогазом, наприклад, в герметичних камерах або приладах з системою вентиляції.
- ❖ лабораторія повинна бути обладнана ефективною вентиляційною системою, щоб відвести біогаз з приміщення та запобігти накопиченню небезпечних компонентів.
- ❖ лабораторія повинна бути обладнана детекторами газу, які можуть виявити наявність метану, сірководню та інших небезпечних компонентів біогазу.
- ❖ доступ до лабораторії повинен бути обмежений для осіб, які не беруть участі в проведенні аналізу біогазу.
- ❖ лаборанти повинні пройти інструктаж з питань безпеки при проведенні аналізу біогазу, включно з правилами користування обладнанням, методами роботи з біогазом та діями в разі аварії.
- ❖ регулярна перевірка обладнання повинна проводитися для забезпечення його безпечної роботи та виявлення потенційних ризиків.

Інв.№	Подо	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№	Дата	20510066	Арк



❖ лаборанти повинні митися після закінчення роботи з біогазом, щоб уникнути можливого зараження.

❖ відходи, що утворюються під час аналізу біогазу, повинні бути утилізовані відповідно до вимог екологічної безпеки.

❖ план дій в разі аварії повинен бути розроблений і затверджений, щоб забезпечити швидку і ефективну реакцію на можливі інциденти.

Усі ці вимоги повинні бути виконані для забезпечення безпеки лаборантів та запобігання можливим інцидентам під час проведення аналізу біогазу в лабораторії.

## 5.2 Безпека життєдіяльності при вибуху балону з газом

Через вимкнення електроенергії українці, особливо мешканці будинків, у яких стоять електричні плити, щоб приготувати їжу почали використовувати туристичні газові плити, попит на які зріс в десятки разів. Але всі такі плити підключаються до балона з газом, що є вибухонебезпечним,

Проте такі балони та пальники несуть у собі побутову небезпеку, що загрожує життю. За повідомленням Київської міської військової адміністрації від початку місяця в Києві зафіксовано 3 вибухи туристичних газових балонів. Найголовніше це дотримуватимся правил безпеки а саме заходів, які повинні бути виконані для забезпечення безпеки життєдіяльності при вибуху балону з газом.

- дотримуватися правил безпеки при роботі з балонами з газом. Це включає в себе:

- i. Перевірку балону на наявність ушкодження або пошкодження перед використанням
- ii. Використання спеціального обладнання для транспортування, зберігання та використання балону

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

20510066

Арк

33

iii. Обмеження доступу до балону лише для авторизованих осіб

iv. Регулярне технічне обслуговування балону

- забезпечити належну вентиляцію в приміщеннях, де використовується балон з газом. Це допоможе уникнути накопичення газу в повітрі

- встановити системи виявлення газу в приміщеннях, де використовується балон з газом. Це допоможе виявити наявність газу в повітрі та попередити про можливий вибух.

- провести інструктаж з питань безпеки для всіх осіб, які працюють з балонами з газом. Це включає в себе інструктаж з питань використання обладнання, транспортування та зберігання балону, а також дій в разі аварії.

- розробити план евакуації в разі вибуху балону з газом. Це допоможе швидко та ефективно евакуювати осіб з приміщення та уникнути серйозних травм або смерті.

- забезпечити наявність необхідного обладнання для гасіння пожежі та ліквідації наслідків вибуху.

- провести регулярні перевірки та інспекції балону з газом, щоб виявити можливі проблеми та вжити заходів для їх вирішення.

- забезпечити співробітництво з місцевими органами влади та аварійними службами в разі вибуху балону з газом.

- провести розслідування причин вибуху балону з газом, щоб виявити причини інциденту та вжити заходів для їх вирішення.

- забезпечити психологічну підтримку осіб, які постраждали в результаті вибуху балону з газом.

**Зберігати газові балони необхідно** за межами житлового приміщення. Стандартні вимоги до такого зберігання — 5 метрів від входів у будівлю, вогнетривкі матеріали шафи в якій зберігається балон, або вогнетривка не несуча стіна біля якої він стоїть. У дітей чи сторонніх осіб не має бути доступу до балону. Ідеально, якщо приміщення вентилязоване[16].

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						34

На жаль, просто викинути балон теж не можна. Його треба утилізувати за інструкцією, яку ви отримали під час купівлі. Деякі виробники балонів приймають їх назад, також цю послугу надають сміттепереробні компанії та пункти прийому металобрухту. Однак завжди перепитуйте співробітників, чи можете ви здати відпрацьований балон, щоб не спричинити ризик для їхніх життів[16].

Дозаправка балонів — можлива і залежить від типу балону. Часто цю послугу можна отримати на автомобільних заправках. Але пильнуйте — дозаправивши балон на 100% на холодному повітрі, він може вибухнути у теплому житловому приміщенні[16]. Тому читайте інструкцію з користування та не заправляйте балон максимально.

Інв.№	№	Підп.	і	дата	Взаєм.інв.№	Інв.№	Дата	Інв.№	Дата	20510066	Арк
											35
Вип	Арк	№	докум.	Підп.	Дата						



5. Політична підтримка та стимулювання з боку уряду можуть значно сприяти впровадженню цих технологій та забезпечити стабільність енергетичної системи.

Загальною метою використання відходів рослинництва в якості енергетичних ресурсів є створення сталої, ефективної та екологічно чистої системи виробництва енергії, яка відповідає вимогам сталого розвитку та забезпечує благополуччя суспільства.

Інв.№	№	Подо	дд.	Підп.	і	Дата	Взаєм.	Інв.	№	Дата	20510066	Арк
												37
Вип	Арк	№	докум.	Підп.	Дата							

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біогаз: малі обсяги і великі перспективи. *ЕкоПолітика*. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ukraina-viroblyaie-230-mln-m3-biogazu-na-rik-a-mozhe-u-30-raziv-bilshe/> (дата звернення: 05.06.2024).

2. Біомаса – переваги та особливості – Municipal Energy Reform Project in Ukraine (MERP). *Проект USAID "Муниципальная энергетична реформа в Україні" – Municipal Energy Reform Project in Ukraine (MERP)*. URL: <https://merp.org.ua/articles/167-2015-04-14-06-55-50.html> (дата звернення: 05.06.2024).

3. ДАР: “Підтримка фермерських господарств та інших виробників сільськогосподарської продукції”. Не пропустіть онлайн-семінар – Всеукраїнська асоціація громад. *Всеукраїнська асоціація громад*. URL: <https://communities.org.ua/novyny/dar-pidtrymka-fermerskyh-gospodarstv-ta-inshyh-vyrobnykiv-silskogospodarskoji-produkcziyi-ne-propustit-onlajn-seminar/> (дата звернення: 05.06.2024).

4. ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М. І. Долишнього НАН України». URL: [https://ird.gov.ua/sep/sep20223\(155\)/sep20223\(155\)\\_021\\_ZhukP.pdf](https://ird.gov.ua/sep/sep20223(155)/sep20223(155)_021_ZhukP.pdf) (дата звернення: 05.06.2024).

5. ІПС ЛІГА:ЗАКОН - система пошуку, аналізу та моніторингу нормативно-правової бази. *LIGA:ZAKON*. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP210179> (дата звернення: 05.06.2024).

6. Менше відходів – більше ресурсів: як працює розширена відповідальність виробника у контексті циркулярної економіки. *VoxUkraine | «Вокс Україна» – більше ніж найкраща аналітика про Україну*. URL: <https://voxukraine.org/menshe-vidhodiv-bilshe-resursiv-yak-pratsyuye->

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк 38
-----	-----	----------	-------	------	----------	-----------

rozshyrena-vidpovidalnist-vyrobnyka-u-konteksti-tsyркulyarnoyi-ekonomiky  
(дата звернення: 05.06.2024).

7. Носова Г. Вже є випадки вибухів газових балонів: як безпечно користуватися портативними туристичними плитами. *TCH.ua*. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/turistichna-gazova-plita-yak-koristuvatisya-ta-pravila-bezpeki-2197987.html> (дата звернення: 05.06.2024).

8. Перспективні форми організації господарської діяльності на селі. *Issuu*. URL: [https://issuu.com/nnc\\_iae/docs/19\\_35\\_per\\_for\\_orh\\_hos\\_](https://issuu.com/nnc_iae/docs/19_35_per_for_orh_hos_) (дата звернення: 05.06.2024).

9. Проект Закону України «Про управління відходами»: вивчаємо разом та висловлюємо пропозиції | Журнал ECOBUSINESS. *Журнал ECOBUSINESS. Екологія підприємства | ecolog-ua.com*. URL: <https://ecolog-ua.com/news/proekt-zakonu-ukrayiny-pro-upravlinnya-vidhodamy-vyvchayemo-razom-ta-vyslovlyuemo-propozyciyi> (дата звернення: 05.06.2024).

10. Техніка безпеки користування ! газовими балонами – Еко клуб – природоохоронна громадська організація. *Еко клуб – природоохоронна громадська організація – Офіційний сайт громадської організації "Еко клуб" з м. Рівне*. URL: <https://ecoclubrivne.org/tehnika-bezpeky-korystuvannia-hazovovumu-balonamy/> (дата звернення: 05.06.2024).

11. Факультет агротехнологій та природокористування СНАУ. URL: [https://agro.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/28\\_%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97.pdf](https://agro.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/04/28_%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%97.pdf) (дата звернення: 05.06.2024).

12. Фермери у відновленні України: діалог науковців, громадянського суспільства і влади. *Сторінки - Домашня сторінка*. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=9686> (дата звернення: 05.06.2024).

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						39

13.URL: <https://dieret.rea.org.ua/uk/biomass-energy.html> (date of access: 05.06.2024).

14.eCompendium of Sanitation Technologies in Emergencies. *Start*. URL:<https://www.emersan-compendium.org/uk/sanitarni-tekhnohii/technology/biogas-reactor-0> (date of access: 05.06.2024).

15.*Institutional Repository of Polissia National University: Главная страница*. URL: [http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3960/1/PerspAlEn\\_2014\\_155-157.pdf](http://ir.polissiauniver.edu.ua/bitstream/123456789/3960/1/PerspAlEn_2014_155-157.pdf) (дата звернення: 05.06.2024).

16.Redirecting. *Home Page*. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63289-0.00004-1> (date of access: 05.06.2024).

17.URL:[https://smr.gov.ua/images/documents/Proekty/Vykonkom/2021/12/Programa\\_na\\_2022-VK.doc](https://smr.gov.ua/images/documents/Proekty/Vykonkom/2021/12/Programa_na_2022-VK.doc) (дата звернення: 05.06.2024).

18.URL:<https://uabio.org/bioenergy-transition-in-ukraine/> (дата звернення: 05.06.2024).

19.Food & Bio Cluster Denmark. Food & Bio Cluster Denmark. URL: <http://www.foodbiocluster.dk> (date of access: 05.06.2024).

20.Біоенергетики оцінюють потенціал виробництва біогазу у 21,8 млрд куб. м/рік. *Українська Енергетика*. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/bioenerhetyky-otsiniuiut-potentsial-vyrobnytstva-biohazu-u-218-mlrd-kub-mrik> (дата звернення: 05.06.2024).

21.Україна і Данія підписали Меморандум щодо співпраці в сфері біоенергетики. *Суспільне | Новини*. URL: <https://suspilne.media/722466-ukraina-i-dania-pidpisali-memorandum-sodo-spivpraci-v-sferi-bioenergetiki/> (дата звернення: 05.06.2024).

22.Біоенергетика в Україні – Пропозиція. *Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу*. URL: <https://propozitsiya.com/ua/efektivna-konvertaciya-biomasi> (дата звернення: 05.06.2024).

Інв.№	Дата
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№	Подд.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	20510066	Арк
						40