

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Леонід ПЛЯЦУК
(підпис)

_____ 20__ р.

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

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З
ВІДХОДІВ ПП «АГРАРНЕ»

Здобувача групи ОС-01 Грисюка Едуарда Костянтиновича

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

_____ Едуард ГРИСЮК
(підпис)

Керівник – старший викладач,
кандидат технічних наук,
доцент

_____ Ірина ВАСЬКІНА
(підпис)

Суми – 2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ___ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові _____ Грисюку Едуарду Костянтиновичу _____ Група ОС-01

1. Тема кваліфікаційної роботи: Екологічна оцінка потенціалу виробництва біогазу з відходів ПП «Аграрне».
2. Вихідні дані: статистичні дані надані ПП «Аграрне», інформацій із загальнодоступних джерел.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: презентація.
4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

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

Дата видачі завдання – «03» березня 2024 року

Керівник _____ старший викладач,
кандидат технічних наук, доцент
Васькіна І.В.

АНОТАЦІЯ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 22 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 45 сторінок, у тому числі 12 таблиць, 6 рисунків, перелік джерел посилання на 4 сторінках.

Мета роботи – екологічна оцінка потенціалу виробництва біогазу з біологічних відходів фермерського господарства в структурі ПП «Аграрне».

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- Ознайомитися із технологіями отримання біогазу та її екологічною складовою;
- Розглянути обсяги та склад органічних відходів ПП «Аграрне» та визначити потенціал виробництва;
- Оцінити екологічну та економічну ефективність виробництва біогазу з відходів ПП «Аграрне»;
- Розробити рекомендації щодо впровадження технології виробництва біогазу на ПП «Аграрне».

Об'єкт дослідження – є ПП «Аграрне», розташоване в с Логвине (Київської області), що займається вирощування зернових культур, овочів, а також тваринництвом.

Предмет дослідження – є відходи ПП «Аграрне», які можуть бути використані для виробництва біогазу.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано перспективи перетворення органічних відходів ПП «Аграрне» на біогаз, досягнуто поставлених цілей та розроблено рекомендації для покращення роботи.

Ключові слова: БІОГАЗ, БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, МЕТАН, ОРГАНІКА

можливо здійснювати розрахунок за власними показниками та розуміти доцільність впровадження технології отримання біогазу як із відходів тваринного комплексу так і з рослинних ресурсів.

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піп.	ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		6

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МЕТОДИ БІОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

В епоху стрімкого зростання екологічних проблем, викликаних забрудненням довкілля відходами, особливої ваги набувають питання пошуку ефективних методів їх утилізації з метою перетворення на вторинні ресурси. Нагальною потребою стає розробка рішень щодо утилізації органічних відходів, що генеруються промисловістю, побутом та сільським господарством.

Сучасні методи утилізації органічних відходів можна поділити на біологічні (компостування, вермикомпостування, анаеробне розкладання), термічні (спалювання, піроліз), хімічні (гідроліз, газифікація), механічні (подрібнення) та комбіновані. Проте, з огляду на пріоритетне завдання забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави, вивчення перспектив біологічної переробки органічних відходів з отриманням цінних продуктів – компосту та біогазу – стає особливо актуальним.

Біологічна переробка органічних відходів – це екологічний та енергоефективний процес, який дозволяє не лише позбутися сміття, але й отримати корисні ресурси (компост, біогаз тощо). Компост, що утворюється в результаті компостування, може використовуватися як добриво для покращення родючості ґрунту, а біогаз – як джерело енергії для опалення, освітлення та роботи транспорту.

Впровадження біологічних методів утилізації органічних відходів на системному рівні може суттєво зменшити негативний вплив на довкілля, сприяти економії енергоресурсів та стимулювати розвиток зеленої економіки [1].

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

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

ОС 20510021

Арк

7

1.1 Компостування

Компостування – це динамічний процес, який залежить від активності мікроорганізмів різних груп, таких як бактерії, актиноміцети, гриби, дріжджі та інші. Багато науковців досліджували популяції бактерій, грибів та актиноміцетів, що беруть участь у компостуванні.

З'ясовано, що мезофіли є домінуючою формою мікроорганізмів у компості. До 90% їх загальної кількості складають бацили, різнопігментні бактерії та оліготрофи. На початку компостування переважають аеробні бактерії, але з часом їх чисельність знижується. Наступні стадії компостування характеризуються зростанням анаеробних бактерій, грибів та актиноміцетів. Ці мікроорганізми розкладають складні органічні речовини, такі як білки, вуглеводи та жири, на простіші сполуки, які є доступними для рослин.

Температура відіграє важливу роль у компостуванні, адже більшість мікроорганізмів гине при температурі вище +55°C. Проте, деякі з них стійкі до високих температур та навіть висушування. Як відомо, мікроорганізми поділяються на групи за температурними діапазонами: психрофіли (оптимальні температури нижчі за +20°C), мезофіли (+20°C - +40°C) та термофіли (вище +40°C). З огляду на це, процес компостування зручно розділяти на стадії відповідно до температурного режиму.

1. Мезофільна стадія

На початку компостування температура субстрату відповідає показникам навколишнього середовища. Мікроорганізми, що домінують у вихідному субстраті, починають активно розмножуватися, що призводить до зростання температури до +40°C. Внаслідок виділення мікроорганізмами органічних кислот середовище підкислюється.

На цій стадії компостування переважають аеробні бактерії (розкладають прості органічні речовини (цукри, амінокислоти) з виділенням тепла) та гриби (розкладають клітковину та інші стійкі до розкладання сполуки)

Підп.	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

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

ОС 20510021

Арк

8

Орієнтовна тривалість мезофільної стадії становить 2-3 тижні. Також важливо підтримувати оптимальні умови для мезофільної стадії компостування: температура має бути в діапазоні +20°C - +40°C; показник вологості бути на рівні 50-60% і не менш важливим є наявність аерації (забезпечення доступу кисню для життєдіяльності аеробних мікроорганізмів). Для досягнення зазначених вище показників, зазвичай, виконують перемішування компосту. У свою чергу сприятливі умови мезофільної стадії забезпечують інтенсивне розкладання органічних речовин та формування гумусу.

2. Термофільна стадія (стадія розпаду)

Під час проходження цієї стадії температура підвищується вище +40°C, що призводить до загибелі мезофілів та домінування термофільних мікроорганізмів. При +60–70°C зменшується кількість грибів, що розкладають целюлозу та лігнін та процес компостування здійснюють переважно бацилярні форми бактерій.

Іноді температура в компостній купі може сягати +90°C, що пригнічує ріст мікроорганізмів. За таких умов відбувається розпад білків з виділенням аміаку та встановленням лужного рН середовища. На цій стадії найшвидше розкладаються цукри, крохмаль, жири та білки, а потім трансформуються складніші сполуки. Інтенсивно виділяються метан, аміак та вуглекислий газ. Тривалість стадії залежить від багатьох факторів (вид гною, подрібненість, вологість, аерація, температура навколишнього середовища) та коливається від 1 до 2 тижнів.

3. Стадія затухання

На цьому етапі температура знижується до рівня навколишнього середовища, рівень рН також знижується. Розвиваються гриби та актиноміцети, які розкладають полісахариди, геміцелюлозу та целюлозу до моносахаридів, доступних для інших мікроорганізмів.

4. Стадія дозрівання

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Піп.	ОС 20510021				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Крайня стадія передбачає складні процеси трансформації лігніну, а також білків відмерлих мікроорганізмів, що передбачає синтез гумінових кислот. Час проходження стадій компостування різниться. Перші три стадії (мезофільна, термофільна та стадія затухання) проходять швидко, а заключна стадія - дозрівання - може тривати кілька місяців.

Мікроорганізми на всіх стадіях компостування забезпечують ферментацію органічної речовини. Загалом у компостуванні беруть участь понад 2000 видів бактерій та не менш ніж 50 видів грибів. Таким чином мікробіоту компосту можна характеризувати, як ключовою у ферментації органічних відходів та отриманні кінцевого продукту – компосту [2].

Компостування зазвичай проводиться у аеробний спосіб у компостерах або буртах (рис. 1.1). В процесі компостування є вільний доступ кисню, за потребою здійснюється зволоження, додається абсорбуючий матеріал - глина, солома чи торф. Відбувається це на обладнаному майданчику, який включає зону компостування і зону зберігання готового продукту.



Рисунок 1.1 –Приклад простої компостувальної станції у м. Львів
(джерело: Zero Waste Lviv, <https://zerowastelviv.org.ua/>)

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

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

ОС 20510021

Арк

10

Вермикомпостування – це різновид компостування який є екологічно чистим методом утилізації органічних відходів, що дає цінне добриво для покращення родючості ґрунту та підвищення врожайності культур [3]. Вермикомпостування – це метод біоконверсії органічних речовин, який використовує дощових черв'яків для отримання цінного добрива – біогумусу. Ця технологія стає дедалі популярнішою у сільському господарстві, адже вона дає можливість отримати не лише ефективне добриво, але й цінний білок з біомаси дощових черв'яків. Вермикомпостування здійснюється на спеціально обладнаних станціях, приклад одної з яких наведено на рис.1.2.



Рисунок 1.2 – Вермикомпостування у промислових масштабах (джерело: Бізнес думка)

Для процесу вермикомпостування використовується спеціальний вид дощових черв'яків - каліфорнійський червоний (*Eisenia fetida*), який виведений в США. Його відмінність від звичайного черв'яка (*Eisenia foefida*) полягає в більшій тривалості життя (до 15 років, проти 2-3 років у звичайного) та високому коефіцієнту розмноження (1:1500 протягом року, проти 1:100).

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піп.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510021

Арк

11

Свою діяльність цей черв зазвичай здійснює у гноєві всіх видів тварин, посліді птахів, органічних відходах с/г та виробництв. Для цього також необхідні умови, які передбачають субстрат, що містить до 20% целюлози, вологість близько 60-80%, температуру від +20°C до +30°C та рівень рН 6,5-8,0. Щодо продуктивності то за умов, що були зазначені вище, вона становить 500-600 кг біогумусу на кожну тонну субстрату та утворення 30-50 кг біомаси черв'яків.

До переваг та особливостей даного способу варто віднести наступне:

1. Збагачення органічної маси. Проходячи через кишечник черв'яків, органічна маса збагачується амінокислотами, ферментами та набуває вигляду сипучої гранульованої маси (копролітів).
2. Покращення структури ґрунту. Копроліти дощового черв'яка є основою формування структури ґрунту.
3. Позитивні властивості біогумусу, а саме:
 - збільшення родючості ґрунту за рахунок гумінових та фульвокислот;
 - зниження кислотності ґрунту до рН 7,0;
 - пригнічення патогенної ґрунтової флори;
 - стимуляція росту та розвитку рослин завдяки регуляторам росту;
 - імуностимулюючі властивості, що роблять рослини стійкішими до фітопатогенів, радіонуклідів та солей важких металів.

Вермикомпост цінується за те, що він є біологічно чистим, містить біостимулятори та ферменти, не має запаху, більшегумусу, азоту, фосфору, калію та мікроелементів ніж гній чи послід та, власне, 1 т вермикомпосту замінює до 10 т гною.

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510021	Арк
						12

1.2 Технологія отримання біогазу

Перетворення сировини на метан – це не просто хімічна реакція, а й складний процес, що відбувається завдяки співпраці цілих колоній метаногенних бактерій. Існує понад 40 видів метаноутворюючих бактерій. Вони виробляють метан як побічний продукт свого метаболізму в анаеробних умовах. Ці бактерії широко поширені в заболочених місцевостях, де вони утворюють болотний газ, а також у кишечниках жуйних тварин і людей, де спричиняють метеоризм. Процес розкладання біомаси метаногенами можна розділити на чотири етапи, причому продукти метаболізму кожної групи бактерій служать живильним середовищем для наступної групи (Рисунок 1.3).

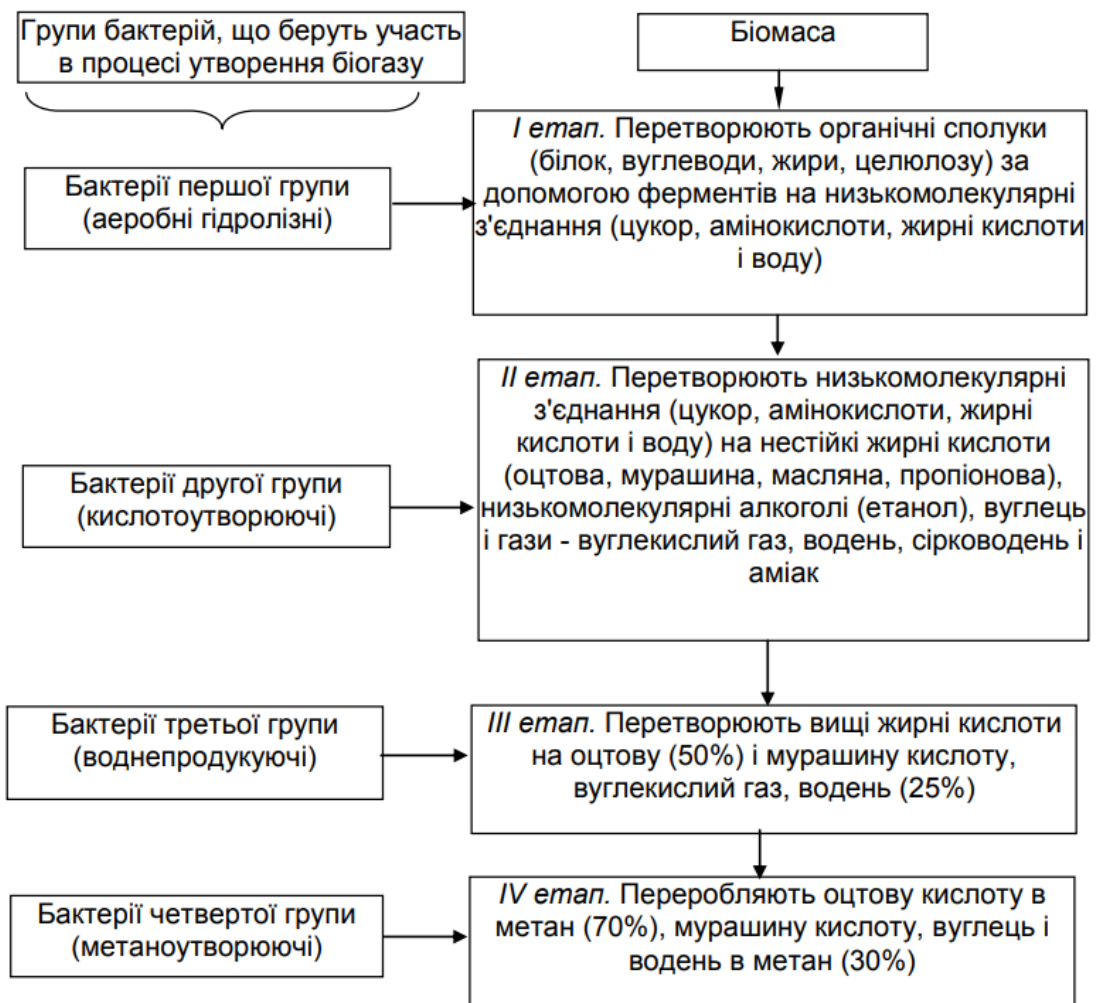


Рисунок 1.3 – Процес утворення метану [6]

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

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

ОС 20510021

Арк

13

Метанове зброджування органічних відходів відбувається в кілька етапів.

I етап. Аеробні гідролізні бактерії за допомогою ферментів розщеплюють високомолекулярні органічні речовини (білки, вуглеводи, жири, целюлозу) на низькомолекулярні сполуки, такі як цукри, амінокислоти, жирні кислоти і вода. Ферменти, які виділяються гідролізними бактеріями, прикріплюються до зовнішньої стінки бактерій (екзоферменти) і розщеплюють органічні компоненти субстрату на малі водорозчинні молекули. Полімери (великі молекулярні утворення) перетворюються на мономери (окремі молекули). Цей процес, відомий як гідроліз, проходить повільно і залежить від позаклітинних ферментів, таких як амілази, протеази, ліпази тощо. На процес впливають рівень рН (оптимальний - 4,5-6) і час перебування в резервуарі. Крім того, аеробні гідролізні бактерії споживають кисень, що потрапив у метантенк під час завантаження субстрату або міститься в самому субстраті, створюючи необхідні умови для діяльності анаеробних бактерій [6].

II етап. Далі розщепленням займаються кислотоутворюючі бактерії. Окремі молекули проникають в клітини бактерій, де продовжують розкладатися. У цьому процесі частково беруть участь аеробні бактерії, що споживають залишки кисню і створюють необхідні для метанових бактерій анаеробні умови, а також анаеробні бактерії. При рівні рН 6-7,5 виробляються нестійкі жирні кислоти (оцтова, мурашина, масляна, пропіонова), низькомолекулярні спирти (етанол, метанол), вуглець і гази - вуглекислий газ, водень, сірководень і аміак. Цей етап називається фазою окислення, оскільки рівень рН знижується [6].

III етап. Після цього воднепродукуючі бактерії перетворюють органічні жирні кислоти на вихідні продукти для утворення метану: оцтову і мурашину кислоти, вуглекислий газ і водень. Ці бактерії, які знижують вміст вуглецю в органічних кислотах, дуже чутливі до температури [6].

Підп.	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

						ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			14

IV етап. На завершальному етапі метаноутворюючі бактерії перетворюють оцтову і мурашину кислоти, вуглець і водень на метан, вуглекислий газ і воду. На цьому етапі утворюється 90% всього метану, причому 70% метану утворюється з оцтової кислоти. Таким чином, швидкість утворення метану визначається утворенням оцтової кислоти (тобто III етап і частково II етап). Метаноутворюючі бактерії виключно анаеробні [6].

Ефективне протікання метанової ферментації органічних речовин потребує дотримання чотирьох основних умов:

- безкисневої атмосфери;
- відповідної температури маси, що зброджується;
- слаболужної реакції середовища;
- присутності бактерій, що виробляють метан.

Виділення метану із речовини, що піддається ферментації, відбувається тільки в анаеробних умовах, тобто за відсутності кисню (повітря). Тому ферментація повинна здійснюватися у спеціальних резервуарах, закритих ферментаційних камерах та подібному обладнанні [6].

Дуже важливим фактором ефективного протікання процесу ферментації є температура маси, що зброджується. Залежно від температурних умов виділяють три групи метаногенів: термофіли, психрофіли і мезофіли. Температурні зони цих груп бактерій наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Температурні зони життєдіяльності метаногенів [6]

Температурні зони	Психрофіли	Мезофіли	Термофіли
Оптимальна	10-15°C	35-37°C	50-60°C
Верхня затримка росту	25-30°C	43-45°C	75°C
Нижня затримка росту	0-5°C	15-20°C	45°C

Зниження температури середовища може призвести до пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, однак ці зміни зворотні, і їхні функції відновлюються через 2-3 години культивування при оптимальній температурі.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп.
--------------	--------------	---------------	---------------	-------

Важливою умовою для регулярного протікання біохімічних процесів у метантенку є слаболужна реакція бродильного середовища. Задовільним вважається рівень рН 6-8, з оптимальним значенням у межах 7-7,5. Надмірно лужна реакція сприяє ферментації через патогенне гниття, але викликає небажане виділення сірководню. У надто кислому середовищі (наприклад, при ферментації побутових відходів або виділень свиней) метанове бродіння може зупинитися, блокуючи виділення біогазу. Метанове бродіння в реакторах може здійснюватися як періодичним, так і безперервним способом.

Процеси, що відбуваються при періодичному метановому зброджуванні гноївки в метантенку, повністю узгоджуються з процесами, що проходять при культивуванні мікроорганізмів у біореакторах, і розділяються на кілька фаз. Розглянемо процес метанового зброджування сировини в метантенку об'ємом 30 л на прикладі переробки гноївки великої рогатої худоби при температурі 55°C (рис. 1). На початковому етапі, після додавання нового субстрату, спостерігається лаг-фаза або фаза звикання мікроорганізмів до нових умов. У метантенк додається від 1/2 до 1/3 його об'єму гноївки, і стільки ж біошляму зливається. Метанові бактерії, що залишилися в "затравочній" порції субстрату в метантенку, певний час адаптуються до нових умов. На рис. 1 процес адаптації триває перші чотири дні. Така тривала лаг-фаза обумовлена тим, що до нової заправки в якості субстрату використовувався курячий послід, розведений водою, при температурі зброджування 40°C. У випадку додавання в метантенк однотипного субстрату за незмінного температурного режиму час лаг-фази значно скорочується. Після адаптації бактерій до нових умов вони починають активно рости і розмножуватися, виділяючи велику кількість біогазу. Процес переходить в експоненціальну (логарифмічну) фазу, яка на рис. 1 відповідає періоду з 4 по 8 день зброджування [6].

По мірі вичерпання поживних речовин субстрату та накопичення продуктів обміну швидкість росту знижується, і процес переходить у фазу уповільнення росту (період з 8 по 15 день на рис. 1), а далі в стаціонарну фазу,

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

						ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			16

коли процеси ділення і відмирання бактерій в популяції знаходяться в динамічній рівновазі (період з 15 по 20 день на рис. 1). Коли вичерпуються поживні речовини в субстраті та накопичуються продукти метаболізму, досягаючи порогових концентрацій, починається фаза відмирання, і кількість бактерій у популяції поступово знижується. Відповідно, знижується і обсяг виробленого біогазу. Період фази відмирання відповідає часу з 20 по 35 день на рис.1.4.

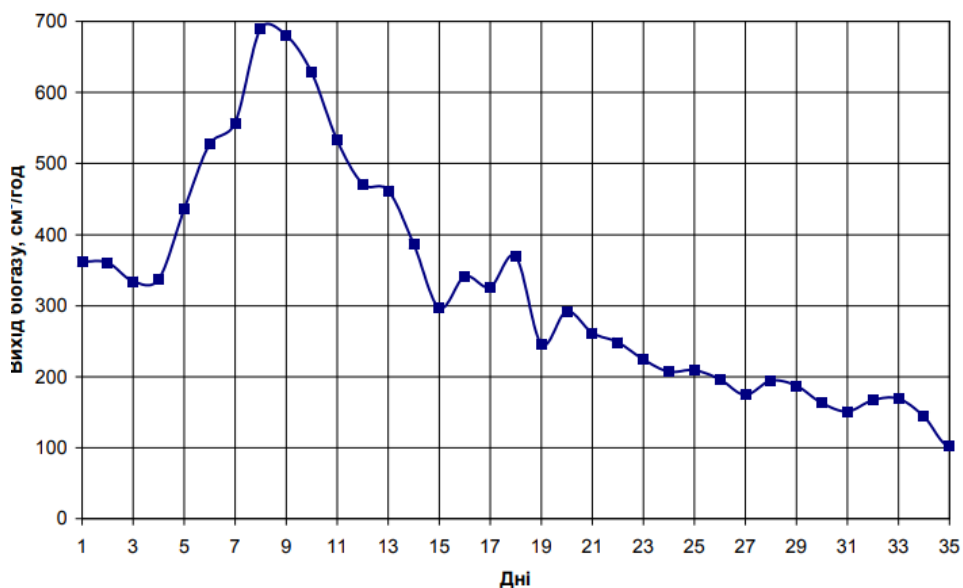


Рисунок 1.4 - Процес метанового зброджування гноївки ВРХ вологістю 93% при температурі 55°C [6].

Недоліки періодичного анаеробного зброджування біомаси полягають у тому, що ефективне виробництво біогазу триває лише близько 7-8 діб під час логарифмічної фази і частини фази уповільнення росту, після чого рівень виходу біогазу поступово знижується. Ці недоліки відсутні при безперервному метановому зброджуванні біомаси, де шляхом дозованої подачі субстрату в метантенк невеликими порціями і дозованого відбору біошламу досягається постійна робота біореактора в логарифмічній фазі зброджування, що суттєво підвищує ефективність виробництва біогазу [6,7].

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510021

Арк

17

1.3 Потенціал вироблення біогазу в Україні

Україна має перспективний аграрний сектор, який також має багато відгалужень як то тваринницькі комплекси та біометан. Обидва ці відгалуження досить тісно пов'язані між собою та створюють додаткову площину розвитку. За даними Біоенергетичної асоціації України, в Україні на сьогодні експлуатується 77 біогазових установок, загальна встановлена потужність яких 105 МВт. До найбільших виробників біогазу в Україні відносять Агрохолдинг МХП – 17,5 МВт («Біогаз Ладижин» – 12 МВт, «Орель-Лідер» – 5,5 МВт) (рис. 1.5); «Теофіпольська енергетична компанія» – 15,6 МВт; «Кліар Енерджі» – 13 МВт; «Біоенергетичний комплекс в Глобино» («Астарта») – 12 МВт; «Корсунь Еко Енерго» – 7,5 МВт (на базі «Селищанський цукрового заводу»); «Городище-Пустоварівська аграрна компанія» – 6 МВт («Галс Агро»).



Рисунок 1.5 – Біогазова установка на Хмельниччині (джерело: AgroPolit)

Підп.				
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.			
Підп. і дата				
Інв.№лодл.				

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510021

Арк

18

Більшість біогазових проектів в аграрному секторі України спрямовані на виробництво електроенергії та її продаж за «зеленим» тарифом у загальнонаціональну мережу. Біогазові станції в Україні в основному встановлюються на цукрових заводах, птахо- та свинофермах і молочних підприємствах, тому вони зосереджуються на сільськогосподарській сировині.

В цьому пункті розглянемо потенціал біогазу та біометану, на основі традиційних органічних добрив. До даного списку входять птиця, свині та корови. Задля більш обширної картини, в таблиці 1.2 додатково вказана кількість вівців та кіз, що не будуть враховуватися при подальшому розрахунку енергетичного потенціалу.

Таблиця 1.2 – Кількість свійських тварин в Україні [8]

Вид тварин	Кількість тварин, млн
Свині	7,48
Корови (велика рогата худоба)	2,59
Птиця	199,52
Вівці і кози	1,74

Наступним кроком визначається вихід гною для конкретного виду тварин (табл. 1.3). Якість і кількість гною залежать від віку тварин та місцевих умов. У деяких регіонах гній містить багато вільної води, що негативно впливає на вихід біогазу.

Таблиця 1.3 – Вихід гною на кожен вид тварин [8]

Вид тварин	Кількість гною (м ³ /тварино місце x р)	Кількість гною (м ³ /100 тварино місце x р)
Свині	1,2-6,0	-
Корови (велика рогата худоба)	7,5-21,0	-
Птиця	-	7,5
Вівці і кози	-	-

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Підп.

ОС 20510021

Арк

19

Вип Арк № докум. Підп. Дата

Зробивши прості підрахунки, ми маємо значення мінімальної та максимальної теоретичної кількості гною на один вид тварин (таблиця 1.4)

Таблиця 1.4 – Мінімальна і максимальна загальна кількість гною на один вид тварин [8]

Вид тварин	Кількість гною (м3 / р)	Максимальна кількість гною (м3 / р)
Свині	8.976.000	44.880.000
Корови (велика рогата худоба)	19.425.000	54.390.000
Птиця	-	14.964.000
Вівці і кози	-	-

Інформація про вихід біогазу і біометану служить для визначення теоретично можливого потенціалу цих газів. Ці дані наведені в таблиці 1.5. Вихід біогазу може варіюватися. Визначальним фактором тут є вміст органічної сухої речовини. Часто вміст органічної сухої речовини значно нижчий, ніж передбачені значення. Іншими можливими причинами можуть бути різноманітність кормів та варіації в складі субстрату.

Таблиця 1.5 - Середні показники залежного від субстрату виходу біогазу і біометану [8]

Вид тварин	Вихід біогазу (Нм3 /т)	Вміст метану (%)	Вихід метану (Нм3 /т)
Свині	28	65	17
Корови (велика рогата худоба)	25	60	14
Птиця	140	64	90
Вівці і кози	-	-	-

Підп.	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

З врахуванням загального обсягу гною і враховуючи вихід біогазу та біометану, який залежить від типу субстрату, встановлюються лише теоретично можливі потенціали біогазу та біометану (див. таблиці 1.6 і 1.7).

Таблиця 1.6 - Теоретично можливий біогазовий потенціал традиційних органічних добрив (гній, твердий гній тощо) в Україні [8]

Вид тварин	Мін. вихід біогазу (млн. Нм ³ /т)	Макс. вихід біогазу з гною (млн. Нм ³ /т)
Свині	251,33	1256,64
Корови (велика рогата худоба)	485,63	1359,75
Птиця	2094,96	2094,96
Вівці і кози	-	-
Загальний вихід	2831,91	4711,35

Таблиця 1.7 - Теоретично можливий біометановий потенціал традиційних органічних добрив (рідкий гній, твердий гній тощо) в Україні

Вид тварин	Мін. вихід біометану (млн. Нм ³ /т)	Макс. вихід біометану з гною (млн. Нм ³ /т)
Свині	152,59	762,96
Корови (велика рогата худоба)	271,95	761,46
Птиця	1346,76	1346,76
Вівці і кози	-	-
Загальний вихід	1771,30	2871,18

Теоретично можливий потенціал біометану з органічних відходів, таких як рідкий гній, твердий гній і т. д., знаходиться в діапазоні від 1,8 до 2,9 мільярдів нормальних метрів кубічних на тону (див. таблицю 6). Однак існує деяка перешкода для повного використання цього потенціалу, а саме, недостатня або навіть відсутня інфраструктура. Додатковою складністю є те, що багато невеликих ферм або домогосподарств з худобою не можуть накопичити достатню кількість органічних відходів для виробництва біогазу. Приблизно половина таких підприємств становить близько 50%. Отже,

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Піпп.

потенціал біогазу та біометану на основі традиційних органічних добрив буде зменшений приблизно на 50% до приблизно 3,7 Нм³ /т біогазу та 2,4 Нм³ /т біометану. Для отримання точних результатів необхідно врахувати місця розташування виробництва та врахувати місцеві умови.

Створення енергетичних кооперативів вимагає детального аналізу техніко-економічних аспектів впровадження біогазових установок в Україні. У наш час біогазові установки привертають все більше уваги інвесторів, оскільки за належного планування та розрахунків можна досягти значного економічного виграшу за короткий період. Тому раціонально створювати енергетичні кооперативи, які забезпечуватимуть достатню кількість сировини для біогазових установок.

Для забезпечення ефективного виробництва електроенергії з біогазу на базі гною великої рогатої худоби, необхідно мати 2000 голів такої худоби, що виділяють 100 тон гною на день. У випадку недостатнього обсягу гною від великої рогатої худоби, доцільно розглядати використання інших джерел сировини або їх комбінування, наприклад, свинячого гною, рослинних відходів агропромислового комплексу і т. д [8].

1.4 Використання біогазу і біометану

В Україні біогазові установки активно впроваджуються в аграрному секторі, де вони використовують відходи тваринництва та сільського господарства. Окрім зменшення кількості відходів, біогазові установки допомагають знизити викиди парникових газів і виробляти електроенергію та тепло. Зокрема, біогаз може використовуватися для генерації електроенергії через когенераційні установки, що дозволяє одночасно отримувати електрику і тепло. Це особливо актуально для фермерських господарств, які можуть таким чином забезпечувати свої потреби в енергії.

Підп.	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

						ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			22

Застосування біогазу в Україні також пов'язані з можливістю виробництва біометану, який є очищеним біогазом з високим вмістом метану і може використовуватися як паливо для транспортних засобів або подаватися в газорозподільній мережі. Такий підхід не тільки сприяє зменшенню залежності від викопного палива, але й забезпечує стабільне джерело енергії для різних галузей.

Крім того, перспективи використання біогазу в Україні підтримуються владою та національними стратегіями розвитку, спрямованими на розвиток відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності. Наприклад, Розпорядження Кабінету Міністрів України про Національний план дій з енергоефективності на період до 2030 року передбачає сприяння розвитку біоенергетики, зокрема біогазових технологій. Інвестиції у цей сектор можуть отримати державну підтримку, що робить біогазову енергетику привабливою для бізнесу.

Таким чином, біогаз в Україні має відносно широкий спектр застосування та є вагомим ресурсом на шляху до енергетичної незалежності і водночас створенні екологічно чистого ринку палива [9].

1.5 Сучасний стан розвитку біогазових рішень в Україні

В Україні станом на кінець 2021 року було побудовано та введено в експлуатацію щонайменше 77 біогазових підприємств, з яких 31 – системи збору та утилізації біогазу на полігонах ТПВ, а решта – класичні біогазові установки, що працюють на сільськогосподарських та промислових відходах. За 2021 рік було вироблено близько 260 млн м³ біогазу, майже весь обсяг якого був використаний для виробництва електроенергії. Станом на серпень 2022 року виробництво біометану в Україні не здійснювалося. Станом на сьогодні в країні налічується понад 80 біогазових установок, що виготовляють біогаз та перетворюють його в електроенергію [10].

Піпп.																									
Взаєм.інв.№	Інв.№	дубл.																							
Підп. і дата																									
Інв.№	№	по	дод.																						
Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510021														Арк						
																			23						

В Україні за ініціативи Європейського інвестиційного банку планується збудувати до кінця 2024 року ще 5 заводів із виробництва біометану, ще стільки ж наступного, що дозволить наблизити нашу державу до повного заміщення імпорту природного газу, щоправда лише в майбутньому.

Стосовно нормативної бази то влада за останнє десятиліття ухвалила декілька досить важливих акти, що сприяють розвитку культури переходу на біопаливо. Серед цих актів варто розглянути найбільш значущі:

Закон України "Про альтернативні джерела енергії" від 20.02.2003 р. № 555-IV є ключовим документом, що визначає правові засади використання та розвитку альтернативних джерел енергії (АДЕ) в Україні. Він стимулює розвиток та використання АДЕ(альтернативні джерела енергії) в Україні, спрямований на зменшення залежності від імпорту енергоносіїв. Також має на меті покращити екологічну ситуацію в країні і забезпечити її енергетичну безпеку.

Серед важливих положень закону варто виокремити наступне:

1. Визначення поняттю АДЕ (до АДЕ належать відновлювані джерела енергії (сонячна, вітрова, геотермальна, біомаса, гідроенергія) та вторинні енергетичні ресурси (доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів));
2. Стимулювання розвитку АДЕ (як приклад, закон гарантує інвесторам в АДЕ податкові пільги, інші стимули та державну підтримку);
3. Правила встановлення об'єктів АДЕ (тобто, визначає правила розміщення та підключення об'єктів АДЕ до електромережі);
4. Правила сертифікації та маркування продукції з АДЕ;
5. Державний контроль за використанням АДЕ [11].

Постанова Кабінету Міністрів України "Про запровадження конкурентних умов стимулювання виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії" від 27.12.2019 р. № 1175 є нормативно-

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп.	ОС 20510021				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИВАТНОГО ПІДПРИЄМСТВА «АГРАРНЕ»

2.1 Загальна характеристика фермерського господарства ПП «Аграрне»

Приватне підприємство «Аграрне» було створене 15 січня 1999 року за рішенням його засновника, громадянина України, Любомського Володимира Степановича на основі закону України «Про фермерське господарство», а також Цивільного, Господарського, Земельного Кодексів України.

Нинішнім власником приватного підприємства лишається Любомський Володимир Степанович.

Місцезнаходження ПП «Аграрне»: 09321, Київська обл., Білоцерківський р-н, с. Логвин, вул. Шевченка, 50/5, корпус 1

Підприємство має два види діяльності: основний і додатковий. До основного входить: 01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур. Серед додаткової діяльності присутні:

- 01.13 Вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів,
- 01.41 Розведення великої рогатої худоби молочних порід
- 01.46 Розведення свиней
- 10.81 Виробництво цукру
- 46.21 Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин [14,15].

2.2 Фізико-географічне розташування ПП «Аграрне»

Село Логвин знаходиться в Київській області, яка відома своїми сприятливими умовами для ведення сільського господарства. Рельєф

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510021	Арк
						27

місцевості переважно рівнинний, що полегшує механізоване оброблення земель. Клімат регіону помірно континентальний з теплим літом і помірно холодною зимою. Середня температура влітку коливається від +18°C до +25°C, а взимку - від -6°C до -8°C. Річна кількість опадів становить приблизно 600-650 мм, що сприяє вирощуванню різних сільськогосподарських культур, таких як зернові, бобові та олійні [16]. Місце розташування ПП «Аграрне» наведено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Розташування ПП «Аграрне» на онлайн-мапі у північній частині села Логвин, Білоцерківського р-ну, Київської обл.

Також філіал даного підприємства розташований у с. Рубченки, що знаходяться у 19 км на захід. На території філіалу присутній тваринницький комплекс середньої потужності. На його території займаються вирощуванням та продажем ВРХ, свиней та молочної сировини. Загальна площа тваринного комплексу наближено становить 20 га. На цих потужностях розводять велику рогату худобу (корови, бики) та свиней. Чисельність худоби за даними 1 кварталу 2024 року наведена у табл. 2.1.

Інв.№лоддл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піпп.

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ОС 20510021

Арк

28

Таблиця 2.1 – Чисельність худоби у ПП «Аграрне»

Найменування худоби	Кількість поголів'я
Свині	1661
ВРХ(окрім корів)	297
Корови	146
Всього	2104

Це є причиною значної кількості органічних відходів, котрі у вигляді гною потрапляють на поля. На сьогодні, поводження з відходами тваринництва сфокусоване виключно на вивезенні на поля підприємства в якості органічного добрива. Проте потужність тваринних комплексів дозволяє розглядати можливість впровадження технології для перетворення органічних решток на біогаз та ефективне добриво. Адже за статистичними даними підприємства, за 2023 рік на всіх об'єктах тваринництва сумарно було утворено 3164 тони гною. Зважаючи на наявність поблизу та в межах ОТГ ще десятки схожих тваринних комплексів. Перспектива та економічна вигода стає більш значущою.

Згідно з законодавством України суб'єкти господарювання, які є продуцентами відходів повинні вживати ефективних заходів для зменшення обсягів їх утворення та утилізації, знешкодження або розміщення, у спосіб, що забезпечує можливість подальшого використання відходів як вторинної сировини і безпеку для навколишнього природного середовища та здоров'я людей [11].

Побічні продукти тваринного походження (зокрема гній) повинні бути використані, оброблені або перероблені одним або кількома із способів, що визначені законом: використані для виробництва органічних добрив або покращувачів ґрунту, компостовані або перетворені на біогаз, спалені або захоронені із дотриманням вимог безпеки для навколишнього середовища та здоров'я людини. У разі порушення законодавства суб'єкти господарювання

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

несуть адміністративну відповідальність, передбачену Законом України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною». Розмір штрафу при цьому складає від 3 до 75 мінімальних заробітних плат (від 11169 грн. до 279225 грн.).

Також слід зазначити, що в Європейському Союзі зберігання відходів тваринництва у відкритих збірниках заборонене, тому Україна, як кандидат у члени ЄС має прямувати до таких самих обмежень і поступово впроваджувати адекватні і сучасні методи поводження з такими відходами, зокрема їх переробку на біогаз.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп.	ОС 20510021					Арк
										30
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

ПП «АГРАРНЕ»

3.1 Методика проведення розрахунків та вихідні дані

Відходи тваринництва, такі як гній та пташиний послід, є практично ідеальними субстратами для виробництва біогазу, оскільки вони мають значний енергетичний потенціал та доступні безкоштовно або за низькою ціною, мають невичерпну кількість і містять штами бактерій, необхідні для виробництва біогазу.

Твердий гній, а також сухий пташиний послід придатні як для вологої, так і для сухої ферментації. Для переробки вологих органічних відходів (наприклад, осаду стічних вод) біогаз також є одним з найбільш конкурентоспроможних варіантів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Вихід біогазу та вміст метану в залежності від виду сировини [17]

Найменування сировини	Вихід біогазу, м ³ /т	Вміст СН ₄ , %
Буряковий жом (після зберігання)	53-90	54-55
Буряковий жом (пресований)	95-115	54-55
Буряковий жом (свіжий)	34-50	54-55
Гній ВРХ (змивна система)	15-18	55-58
Гній ВРХ (підстилковий)	42-50	55-58
Курячий послід (безпідстилковий)	90-100	58-60
Курячий послід (підстилковий)	150-160	58-60
М'яса (з цукрових заводів)	390-400	54-55
Гноївка свиней	13-17	57-60
Пивна дробина	103-115	55-59
Післяспиртова барда (зерн. кукур.)	46-52	54-56

Підп.	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

ОС 20510021

Арк

31

Вип. Арк. № докум. Підп. Дата

Найменування сировини	Вихід біогазу, м ³ /т	Вміст СН ₄ , %
Післяспиртова барда (мелясна)	42-45	54-56
Післяспиртова барда (пшенична)	42-49	54-56
Силос кукурудзи	180-200	52-54

Потенціал вироблення електроенергії біогазовими установками розраховується з урахуванням прогнозованого обсягу виробленого біометану, його енергетичної цінності та коефіцієнта корисної дії когенераційної установки за формулою:

$$E_e = V_{\text{CH}_4} \cdot W_{\text{CH}_4} \cdot \eta_e \quad (3.1)$$

де: E_e - кількість виробленої електроенергії (МВт-год);

V_{CH_4} - обсяг біометану (м³);

W_{CH_4} - енергетична цінність метану (0,009968 МВт / м³);

η_e - електричний ККД ТЕЦ (0,4).

Розрахунок електричної потужності біогазової установки (P_e) був проведений з урахуванням кількості електроенергії, виробленої за весь рік, і часу роботи когенераційного вузла:

$$P_e = E_e / t, \quad (3.2)$$

де: P_e - електрична потужність (МВт);

E_e - кількість електричної енергії (МВт-год);

t - річний час роботи когенераційної установки (год).

3.2 Розрахунок біогазового та електричного потенціалу ПП «Аграрне»

На основі даних, отриманих із ПП «Аграрне», можна розрахувати кількість біогазу і метану, яку може виробити біогазова установка, а також

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

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ОС 20510021	Арк
						32

кількість та потужність електричної енергії, яку можна отримати при переробленні отриманого біогазу.

Загальна маса утвореної гноївки від свинокомплексу та ВРХ становила в 2023 році 3164 тони. Для наявного на 2024 р. поголів'я розрахунки кількості гною наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Кількість гною, що утвориться від тварин у 2024 р.

Найменування худоби	Кількість поголів'я	Вихід гною від однієї тварини т/рік	Кількість гною, т/рік
Свині	1661	5	8305
ВРХ(в т.ч корів)	443	23,8	10543,4
Всього	2104	18848,4	18848,4

Вихід біогазу з 1 т субстрату (гною) наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Вихід біогазу із субстратів тваринного походження [18]

Субстрат	Вихід біогазу, м ³ /тони	Вміст метану в біогазі (%)
Гній ВРХ	60,0	63
Гній свиней	62,0	60
Пташиний послід	115,0	60
Гній овець	96,0	66

ПП «Аграрне» має на своєму балансі, як вже зазначалося, корів і свиней для яких і проводяться розрахунки. Виходячи з даних табл.3.2 та 3.3. можемо розрахувати потенційний вихід біогазу та біометану для різних груп відходів (див. табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Потенціальний вихід біогазу та біометану від відходів тварин ПП «Аграрне»

Субстрат	Кількість поголів'я	Кількість гною, т/рік	Вихід біогазу, м ³	Вихід метану, м ³
Гній ВРХ	1661	8305	514910	308946
Гній свиней	443	10543,4	632604	398540,52
Всього	2104	18848,4	1147514	707486,52

Підп.	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№лодл.	

ОС 20510021

Арк

Вип Арк № докум. Підп. Дата

33

Тобто, потенціал виробництва біогазу ПП «Аграрне» складає близько 1147,5 тис.м³ /рік – тобто більше 1 млн кубометрів. При чому, відходи ВРХ складають 515 тис.м³ /рік (45 %), а відходи свиней – 633 тис.м³ /рік (55 %).

Потенціал виробництва біометану з біогазу складає 707,5 тис.м³ /рік, в тому числі: 309 тис.м³ /рік дають корови (ВРХ) та майже 400 тис.м³ /рік – свині.

У перерахунку на електроенергію за формулою (3.1) це становитиме:

- із гною ВРХ -

$$E_e = 308946 \cdot 0,009968 \cdot 0,4 = 1231,83 \text{ МВт-год.}$$

- із гною свиней -

$$E_e = 398540,52 \cdot 0,009968 \cdot 0,4 = 1589,06 \text{ МВт-год}$$

Загальний енергетичний потенціал складе 2820,89 МВт-год

Потужність біогазової установки визначаємо за формулою (3.2).

Враховуючи те, що біогазова установка протягом року зупиняється на ремонт і обслуговування, її середній час роботи за рік складає 8000 год/рік, отримаємо:

$$P_e = 1231,83 : 8000 = 0,154 \text{ МВт} \text{ – за рахунок гною ВРХ, та}$$

$$P_e = 1589,06 : 8000 = 0,198 \text{ МВт} \text{ – за рахунок гною свиней.}$$

Тобто загальна потужність біогазової установки складе 0,352 МВт.

Зважаючи на кількість виробленої електроенергії та вартості закупівельної електричної енергії (4,32 грн/кВт) то можна зробити висновок, що таке використання органічних відходів є також економічно доцільним.

Слід зазначити, що сам по собі гній володіє відносно низьким біогазовим потенціалом і, отже, не може гарантувати стабільно високу продуктивність біогазових установок. Саме тому його зазвичай змішують з додатковим, зазвичай рослинним, субстратом. Одним з найпопулярніших рослинних субстратів є солома. У ПП «Аграрне» є власні посівні площі, відходи з яких (солону та інші рослинні залишки) можна додавати до гною для підвищення ефективності процесу зброджування.

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

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

ОС 20510021

Арк

34

кроки:

1. Повідомити про аварію. У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно повідомити відповідальні служби та активувати систему оповіщення. Важливо швидко інформувати всіх працівників про небезпеку.

2. Здійснити евакуацію серед усіх працівників. Вони повинні оперативно залишити небезпечну зону, дотримуючись вказівок плану евакуації. Потрібно уникати використання ліфтів та інших потенційно небезпечних шляхів евакуації.

3. Спробувати локалізувати аварію. Працівники, які пройшли відповідне навчання, можуть здійснити заходи з локалізації аварії, такі як перекриття клапанів, включення систем аварійного відключення та застосування засобів пожежогасіння.

4. В разі необхідності – надати першу медичну допомогу постраждалим. Дочекатися разом з ними приїзду швидкої та передати всі наявні відомості стосовно стану постраждалого.

Тож, відповідно до законодавства України, роботодавець несе відповідальність за створення безпечних умов праці на біогазовій станції. Працівники, зі свого боку, зобов'язані дотримуватися правил охорони праці, використовувати надані їм засоби захисту та негайно повідомляти про будь-які ситуації, що можуть становити небезпеку.

Дотримання всіх вимог щодо охорони праці та безпеки дозволяє зменшити ризики виникнення аварійних ситуацій та забезпечити безпечну і ефективну роботу біогазових станцій [19-21].

4.2 Протипожежна безпека

Пожежна безпека на біогазових станціях є критично важливою через підвищений ризик займання та вибуху, пов'язаний з використанням та зберіганням біогазу, який складається переважно з метану. Для запобігання пожежам і забезпечення ефективного реагування на них необхідно

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Піпп.	ОС 20510021				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Фізико-географічне розташування господарства сприяє оптимальним умовам для побудови та експлуатації біогазової установки. Про це також свідчать основні розрахунки, проведені в роботі. Потенціал виробництва біогазу, біометану та електроенергії значний і може забезпечити підприємство додатковими фінансовими надходженнями та знизити витрати на енергоресурси.

Отже, шлях утворення біогазу із відходів ПП "Аграрне" є перспективним та економічно вигідним рішенням, що сприятиме сталому розвитку підприємства, зменшенню екологічного навантаження та покращенню енергетичної незалежності України.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп.	ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		41

ecurity%20as%20a%20basis%20for%20sustainable%20development%20of%20so
ciety.pdf#page=128 (дата звернення: 25.05.2024).

6. Поліщук В., Лободко М., Дубровіна О. Біотехнологічні основи виробництва біогазу. 2014. С. 289–295. URL: [http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu.gov.ua/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/nv_nau_tech_2013_185\(2\)_47.pdf](http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu.gov.ua/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/nv_nau_tech_2013_185(2)_47.pdf) (дата звернення: 25.05.2024).

7. Сучасні біогазові технології. *Biotechnologia acta*. 2013. Т. 6, № 1. С. 46–48. URL: http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu.gov.ua/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/biot_2013_6_1_6.pdf (дата звернення: 26.05.2024).

8. Єсіпов О., Бондар В. Потенціал біогазу та біометану на основі традиційних органічних добрив. м. Київ. Київ, 2023. С. 29–31. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/37870/1/MVNPK_Tehnichnyj_progres_v_APV_2023-29-31.pdf (дата звернення: 26.05.2024).

9. Любін М., Токарчук О. Перспективи використання продуктів біогазових технологій. *Збірник наукових праць ВНАУ*. Вінниця, 2014. С. 108–115.

10. Перспективи виробництва біометану в Україні. 29-те вид. Київ : Біоенерг. асоц. України, 2022. 60 с. URL: <https://uabio.org/wp-content/uploads/2022/09/UA-Position-paper-UABIO-29.pdf> (дата звернення: 26.05.2024).

11. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 р. № 555-IV : станом на 1 січ. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 26.05.2024).

12. Про запровадження конкурентних умов стимулювання виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії : Постанова

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

					ОС 20510021		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			43

Каб. Міністрів України від 27.12.2019 р. № 1175 : станом на 5 берез. 2024 р.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1175-2019-п#Text> (дата звернення:
26.05.2024).

13. Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану :
Постанова Каб. Міністрів України від 22.07.2022 р. № 823.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-п#Text> (дата звернення:
26.05.2024).

14. Тиж Д. Шляхи диверсифікації діяльності, на прикладі
фермерського господарства «ДАР-АГРО» (тернопільська обл., козівський р-
н., село таурів, вул. шваби, 5) : кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопіль,
2021. 62 с.
URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38243/2/Кваліфікаційна%20робота_
%20%20Тиж%20Д..pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/38243/2/Кваліфікаційна%20робота_%20%20Тиж%20Д..pdf) (дата звернення: 26.05.2024).

15. ПП "АГРАРНЕ". *Clarity Project*. URL: [https://clarity-
project.info/edr/30161127](https://clarity-project.info/edr/30161127) (дата звернення: 26.05.2024).

16. Київська область - ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА,
ХАРАКТЕРИСТИКА, ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНИ - ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ
УКРАЇНИ. *Віртуальна читальня освітніх матеріалів*.
URL: <https://subjectum.eu/geographic/exam/34.html> (дата
звернення:
26.05.2024).

17. Таблиця виходу біогазу з 1 тони субстрату. *AC Group*.
URL: [https://ac-group.in.ua/довідник/таблиця-виходу-біогазу-з-1-тонни-
субстр/](https://ac-group.in.ua/довідник/таблиця-виходу-біогазу-з-1-тонни-субстр/) (дата звернення: 03.06.2024).

18. Wojarski W, Pulka J, Pochwatka P, Bresz P, Nowak M, Dach J.
Energetic Potential of Dairy Cow Breeding in Poland. In: Pascuzzi S, Santoro F,
editors. Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture,
Cham: Springer International Publishing; 2023, p. 115–21.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-13090-8_12.

Піпп.
Взаєм.інв.№
Підп. і дата
Інв.№лодл.

					ОС 20510021	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		44

19. Кодекс законів про працю України : Кодекс України від 10.12.1971 р. № 322-VIII : станом на 18 трав. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

20. Про затвердження Правил безпеки систем газопостачання : Наказ М-ва енергетики та вугіл. пром-сті України від 15.05.2015 р. № 285. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0674-15#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

21. Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях : Наказ М-ва надзвич. ситуацій України від 11.09.2012 р. № 1192. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

22. Про пожежну безпеку : Закон України від 17.12.1993 р. № 3745-XII : станом на 1 лип. 2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3745-12#Text> (дата звернення: 31.05.2024).

Інв.№лодл.	Підп. і дата	Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.	Піп.	ОС 20510021					Арк
										45
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						