

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально - науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЗДЕ-41
спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Пі автора _____ / Альбіна ДОБРОЛЕЖА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / Анна КОТ
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

«До захисту допущено»

В.о. зав. кафедри _____ / Андрій АЧАСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Олена КЛЄЩ
(підпис) (ім'я та прізвище)

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

Харків – 2023 рік

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

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екології та менеджменту довкілля
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри

_____ / проф. Андрій АЧАСОВ
підпис ім'я та прізвище

“__” травня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Альбіні ДОБРОЛЕЖІ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Оцінка економічної ефективності використання відходів сільського господарства як джерела енергії

Керівник роботи Анна КОТ,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “03”квітня 2023 року №4301-5/646

2. Строк подання студентом роботи 27 квітня 2023 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Аналіз публікацій з тематики дослідження економічної ефективності використання відходів сільського господарства.
2. Розрахунок економічного ефекту переробки відходів сільського господарства на біотопливо.

3. Аналіз потенціальної можливості забезпечення переробних підприємств сировиною.
 4. Порівняння економічної ефективності класичного способу утилізації та переробки відходів сільського господарства на біогаз.
 5. Формулювання висновків.
 6. Оформлення використаних джерел літератури.
4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Аналітичний огляд наукових публікацій з тематики дослідження
2	Розрахунок економічного ефекту переробки відходів сільського господарства на біотопливо
3	Результати дослідження економічної ефективності використання відходів сільського господарства для переробки на біогаз.
4	Висновки

5. Дата видачі завдання _____ 05.05.2022 р. _____

Студент

підпис

Альбіна ДОБРОЛЕЖА

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

викл. Анна КОТ

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Альбіна ДОБРОЛЕЖА

Кваліфікаційна робота «Оцінка економічної ефективності використання відходів сільського господарства як джерела енергії» містить 31 сторінку, 3 розділи, 7 таблиці, 4 рисунки, 18 використаних джерел.

Мета роботи: визначення економічної доцільності використання відходів сільського господарства для виробництва енергії.

Актуальність теми. Актуальність дослідження полягає в тому, що сільське господарство є однією з найбільш важливих галузей економіки багатьох країн, і разом з тим, ця галузь є джерелом значної кількості відходів. Ці відходи можуть бути використані як джерело енергії, що зменшує залежність від інших джерел енергії, таких як нафта, газ і вугілля.

Завдання. Дослідити основні види відходів сільського господарства. Оцінити ресурсний потенціал відходів сільського господарства, доступний для використання як джерело енергії. Провести економічний аналіз використання відходів сільського господарства як джерела енергії.

Методи. Включають теоретичні: аналіз і синтез, розрахункові методи.

Результати. Для розрахунку було взято типову установку переробки відходів сільського господарства, співставлено економічний ефект класичного способу утилізації відходів з результатом розрахунку. Результати дослідження показали, що економічна ефективність використання біогазової установки при завантаженні від 20 до 100 тон за добу вища за класичний спосіб утилізації. При цьому, чим вище кількість завантаженої сировини, тим нижче собівартість виробленого біогазу.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, БІОГАЗ, ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ,
ВІДХОДИ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

ANNOTATION

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC EFFICIENCY OF USING AGRICULTURAL WASTE AS AN ENERGY SOURCE

Albina Dobrolezha

The qualification work "Assessment of economic efficiency of using agricultural waste as an energy source" contains 31 pages, 3 chapters, 6 tables, 14 figures, 16 references.

Purpose: to determine the economic feasibility of using agricultural waste for energy production.

Relevance of the topic. The relevance of the study lies in the fact that agriculture is one of the most important sectors of the economy in many countries, and at the same time, this industry is a source of significant amounts of waste. This waste can be used as a source of energy, which reduces dependence on other energy sources such as oil, gas and coal.

Objectives. To study the main types of agricultural waste. Assess the resource potential of agricultural waste available for use as an energy source. To conduct an economic analysis of the use of agricultural waste as an energy source.

Methods. Include theoretical: analysis and synthesis, and empirical research methods.

Results. A typical agricultural waste processing plant was used for the calculation, and the economic effect of the classical method of waste disposal was compared with the calculation result. The results of the study showed that the economic efficiency of using a biogas plant with a load of 20 to 100 tonnes per day is higher than the classical method of disposal. At the same time, the higher the amount of raw materials loaded, the lower the cost of biogas produced.

**ECONOMIC EFFICIENCY, BIOGAS, WASTE PROCESSING,
AGRICULTURAL WASTE**

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	8
РОЗДІЛ 2. ВІДХОДИ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК СКЛАДОВА ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ	12
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	18
ВИСНОВКИ.....	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

ВСТУП

Актуальність теми. Актуальність дослідження полягає в тому, що сільське господарство є однією з найбільш важливих галузей економіки багатьох країн, і разом з тим, ця галузь є джерелом значної кількості відходів. Ці відходи можуть бути використані як джерело енергії, що зменшує залежність від інших джерел енергії, таких як нафта, газ і вугілля.

Тема кваліфікаційної роботи - оцінка економічної ефективності використання відходів сільського господарства як джерела енергії.

Метою дослідження є визначення економічної доцільності використання відходів сільського господарства для виробництва енергії.

Для досягнення цієї мети було сформульовано наступні завдання:

1. Дослідити основні види відходів сільського господарства.
2. Оцінити ресурсний потенціал відходів сільського господарства, доступний для використання як джерело енергії.
3. Провести економічний аналіз використання відходів сільського господарства як джерела енергії.

Об'єктом дослідження є відходи сільського господарства, які можуть бути використані як джерело енергії.

Предметом дослідження є оцінка економічної ефективності використання відходів сільського господарства як джерела енергії.

Методи. Включають теоретичні: аналіз і синтез, розрахункові методи.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Відходи сільського господарства - це матеріали або речовини, що виникають як результат сільськогосподарської діяльності і не використовуються безпосередньо у виробничих процесах. Ці відходи можуть бути органічними або неорганічними, твердими або рідкими, іноді мають потенціал бути переробленими на користь додаткового використання або енергетичної продуктивності.

Відходи сільського господарства можна класифікувати за різними критеріями, такими як фізичний стан, походження, хімічний склад тощо. Ось деякі загальні категорії класифікації відходів сільського господарства:

- органічні та неорганічні відходи: Відходи сільського господарства можна розділити на органічні та неорганічні в залежності від їхнього походження та складу. Органічні відходи включають біомасу рослин та тварин, наприклад, стерні, солому, навоз, гноївку тощо. Неорганічні відходи можуть включати пластикову упаковку, металеві конструкції, скляні банки тощо;

- тверді, рідкі та газоподібні відходи: В залежності від фізичного стану, відходи сільського господарства можуть бути класифіковані як тверді (наприклад, солома, стерні), рідкі (наприклад, навоз, гноївка) та газоподібні (наприклад, біогаз, випаровування з компосту);

- відходи рослинного походження та відходи тваринного походження: Відходи сільського господарства можна також класифікувати за їхнім походженням. Відходи рослинного походження включають стерні, солому, залишки культур тощо. Відходи тваринного походження включають навоз, гноївку тощо;

Відходи сільського господарства можуть також бути класифіковані за джерелом їхнього виникнення, наприклад, рештки від вирощування рослин, залишки після обробки продуктів, відходи тваринництва [7].

Біологічні відходи: Ця категорія включає всі органічні матеріали, які підлягають біологічному розкладанню, такі як рослинні залишки, тваринний послід, гноївка, навоз тощо.

Небіологічні відходи: В цю категорію входять неорганічні матеріали, такі як пластикова упаковка, металеві елементи, скло, гума, хімічні речовини, які використовуються у сільському господарстві (наприклад, пестициди, добрива).

Відходи рослинного і тваринного походження сьогодні вважаються цінними вторинними енергетичними ресурсами та джерелами енергії. Одним з перспективних напрямків використання відходів сільського господарства є використання їх як джерела енергії для виробництва біопалива.

Використання відходів сільського господарства для виробництва біопалива є одним із способів раціонального використання органічних ресурсів і зменшення залежності від традиційних джерел енергії. Основними видами біопалива, які можна виготовляти з відходів сільського господарства, є біогаз.

Розвинені країни протягом десятиліть докладають національних та індивідуальних зусиль для створення додаткових механізмів та засобів для скорочення викидів парникових газів. Міжнародна спільнота вважає, що вирішенням проблеми є перехід на альтернативні джерела енергії, сумісні з принципами сталого розвитку.

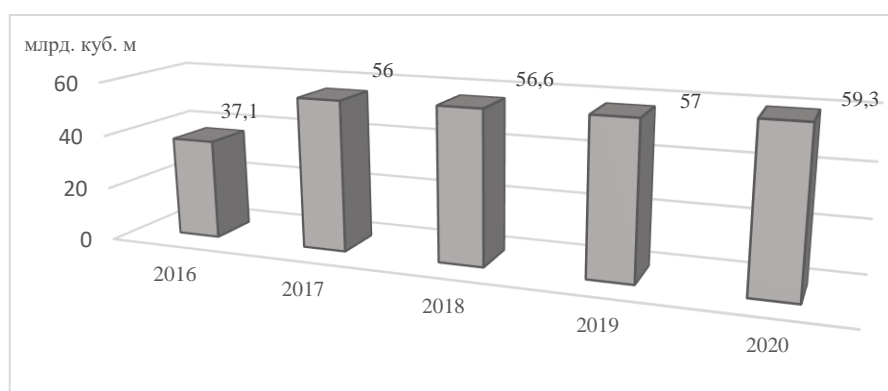


Рис. 1.1 - Динаміка виробництва біогазу у світі, млрд м³ за рік [8]

Як ми бачимо на рисунку, у 2020 році у світі було вироблено 61,2 млрд м³ біогазу з еквівалентною енергоемністю 1,36 ЕДж. Порівнюючи показники 2000 та 2020 рр, кількість виробленого біогазу збільшилась майже на 80 %.

Переробка відходів сільського господарства на біопаливо також має екологічні переваги. Такі, як: зменшення викидів парникових газів: Використання біопалива з відходів сільського господарства допомагає знизити викиди парникових газів, зокрема вуглекислого газу. У процесі виробництва біогазу або біодизелю з органічних відходів відбувається анаеробний розклад органічного матеріалу, при якому звільняється метан, який інакше потрапив би в атмосферу. Оскільки метан є потужним парниковим газом, його захоплення та використання у вигляді біопалива допомагає скоротити вплив на зміну клімату; зниження залежності від викопних палив: Використання біопалива з відходів сільського господарства дозволяє зменшити залежність від традиційних викопних палив, таких як нафта та вугілля. Оскільки біопаливо виготовляється з відновлювальних ресурсів, воно є альтернативою нестабільним цінам на нафту та сприяє диверсифікації енергетичного сектора; підтримка використання вторинних ресурсів: Переробка відходів сільського господарства на біопаливо сприяє використанню вторинних ресурсів, які в іншому випадку могли би бути просто викинуті або скинуті на поле. Це дозволяє зменшити вплив сільського господарства на навколишнє середовище, забезпечує ефективніше використання ресурсів та сприяє замкненому циклу виробництва [3].

Використання відходів сільського господарства для виробництва біопалива може забезпечувати енергетичну самодостатність сільськогосподарських підприємств. Вони можуть використовувати біогаз для опалення приміщень, виробництва електроенергії або як паливо для механізмів та транспортних засобів на фермі. Це знижує витрати на енергію та залежність від зовнішніх постачань енергії.

Європа є світовим лідером з виробництва біогазу. У 2020 році країни ЄС виробили 30,9 млрд куб. м біогазу з енергетичним еквівалентом 0,71 ЕДж.

На європейські країни припадає більше половини світового виробництва біогазу, на другому місці - країни Азії з часткою 32 % (19,3 млрд куб. м). За

темпами виробництва біогазу країни Північної та Південної Америки (8,34 млрд куб. м) у 2020 році посідають третє місце у світі [8].

Збільшення кількості біогазових установок в Європі за останнє десятиліття свідчить про сталість розвитку галузі. На кінець 2020 року в країнах ЄС працювало 18 202 біогазові установки, що на 2 % більше (419), ніж біогазових установок, що працювали у 2019 році. Загальна встановлена потужність біогазових установок становить 11 082 МВт, а загальне виробництво біогазу - 63 511 ГВт/рік [8].

Серед країн ЄС за кількістю заводів лідирують Німеччина (11 084 одиниці) та Італія (1 655 одиниць). За ними йдуть Франція (837 одиниць), Велика Британія (715 одиниць) та Швейцарія (634 одиниці) [5].

Встановлена електрична потужність сільськогосподарських біогазових установок (включаючи переробку відходів сільськогосподарських рослин, гною та енергетичних культур) у 2020 році зросла на 550 МВт, що становить найбільшу частину загального приросту потужностей.

У Бельгії, Данії та Польщі значна частина промислових органічних відходів харчової та спиртової промисловості спрямовується на виробництво біогазу. У Швеції переважають стічні води як сировина для виробництва біогазу на очисних спорудах.

Загалом, 14 % загального річного енергетичного попиту країн ЄС задовольняється за рахунок біомаси. Ринок біогазових технологій в ЄС оцінюється в 3 млрд. дол. Статистика споживання сировини для виробництва біогазу виглядає наступним чином. Біогаз виробляється на 75 % з відходів сільського господарства, на 17 % з побутових та комерційних органічних відходів, на 8 % з очисних споруд. Наразі промислове виробництво біогазу в США відбувається з трьох основних джерел: стічні води, звалища та сільськогосподарські органічні відходи.

РОЗДІЛ 2

ВІДХОДИ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК СКЛАДОВА ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

Відходи сільського господарства можуть відігравати важливу роль у формуванні енергетичної та екологічної безпеки держави. Використання відходів сільського господарства як джерела енергії допомагає розширити мікс енергетичних джерел держави. Це зменшує залежність від імпорту викопних палив та інших енергетичних ресурсів і сприяє створенню внутрішнього енергетичного потенціалу. Використання відходів сільського господарства для виробництва біопалива допомагає знизити викиди парникових газів, зокрема вуглекислого газу. Це сприяє боротьбі зі зміною клімату та допомагає досягти міжнародних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів.

Україна має значний потенціал для використання відходів сільського господарства для виробництва біогазу. Оскільки сільське господарство є однією з основних галузей господарства в країні, значна кількість органічних відходів може бути використана для виробництва біогазу.

Загалом для України характерним є утворення великої кількості відходів через використання застарілих технологій виробництва та низький рівень впровадження ефективних ресурсозберігаючих технологій.

Таблиця 2.1

Потенційно можливий вихід біогазу з відходів тваринництва в Україні станом на 1 січня 2021 року [34]

Вид тварин	Наявність, млн голів	Накопичення відходів, т/рік на 1 голову	Обсяг відходів, млн. т	Вихід біогазу з 1 т субстрату, м ³	Потенційний вихід біогазу, всього, млн м ³
ВРХ	2,9	18	52,2	25	1305
Свині	5,9	3,6	21,2	28	593,6
Птиця	200,6	0,1	15,1	140	2114
Всього	209,4	х	92,9	х	4012,6

Враховуючі дані про вихід біогазу з 1 т відходів тваринництва [15], станом на 1 січня 2020 р. потенційний вихід біогазу з відходів ВРХ може становити 1305 м³, з гною свиней – 593,6 м³, з посліду птиці – 2114 м³. Таким чином, сумарний потенційно можливий вихід біогазу з відходів тваринництва в Україні становить 4012,6 млн м³. Різноманітність сировини, доступної для виробництва біогазу, дозволяє будувати біогазові установки практично повсюдно в районах інтенсивного сільськогосподарського виробництва та в технологічно пов'язаних з ним галузях промисловості.

Таблиця 2.2

Енергетичний потенціал відходів рослинництва на виробництво біогазу

Тип відходів	Накопичення відходів всього, млн т/рік	Вихід біогазу з 1 т субстрату, м ³	Потенційний вихід біогазу, всього, млн м ³
Кукурудза: стебла, качани (суміш)	14	451	6310,9
Гичка цукрового буряку	5,4	120	642
Жом від цукрових буряків	8,6	90	770,4
Відходи очистки сої	3,3	517	1721,1
Вівсяні відходи	0,4	620	261,6
Яблучний жом	1,5	112	168
Відходи овочів	1	57	56,1
Всього	x	x	9930,1

Різноманітність сировини, доступної для виробництва біогазу, дозволяє будувати біогазові установки практично повсюдно в районах інтенсивного сільськогосподарського виробництва та в технологічно пов'язаних з ним галузях промисловості. Широкий спектр енергетичних застосувань біогазу дозволяє використовувати його для виробництва електроенергії або тепла на місці виробництва. При цьому цілорічне стабільне виробництво електроенергії з біогазу може компенсувати перевантаження електричної мережі [12].

Використання біогазової установки дозволяє зменшити витрати на утримання господарства, отримати збалансоване та багате на поживні речовини добриво та швидко утилізувати промислові відходи. Розрахунки загального потенціалу виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів та переробних

підприємств показують теоретично можливий загальний потенціал виробництва біогазу 13452,4 млн м³ біогазу, що еквівалентно 10761,9 млн м³ біометану з тими ж характеристиками, що і природний газ (табл. 2.4)

Таблиця 2.3

Стратегічний потенціал отримання біогазу з відходів сільського господарства та обсяги заміни ним природного газу в Україні

Показник	Значення
Потенціал отримання біогазу з відходів рослинництва, млн м ³	9930,2
Потенціал отримання біогазу з відходів тваринництва, млн м ³	3239,6
Потенціал отримання біогазу з відходів переробних підприємств, млн м ³	282,6
Загальний потенціал отримання біогазу з відходів, млн м ³	13452,4
Потенціал отримання біометану з відходів, млн м ³ (80 % виходу біогазу)	10761,9
Обсяги споживання природного газу в Україні, 2019 р., млн м ³	29800
Потенційний відсоток заміщення споживання природного газу, %	36,1
Обсяг імпорту природного газу в Україну, млн м ³	14200
Потенційний відсоток заміщення імпорту природного газу, млн м ³	75,8

Ці установки - екологічна, сучасна та високотехнологічна конструкція, яка вже незабаром покриє всі витрати на будівництво та забезпечить чистий прибуток. Біопаливо широко використовується для опалення, освітлення, обслуговування майстерень, запуску двигунів внутрішнього згорання тощо.

Використання біогазової установки велику кількість переваг, зокрема: енергетична ефективність: Біогаз може бути використаний для виробництва електроенергії та тепла. Це дозволяє використовувати відновлювальне джерело енергії та зменшувати залежність від традиційних джерел палива.

Зменшення викидів парникових газів: Використання біогазу допомагає зменшити викиди парникових газів, так як його виробництво та спалювання відбувається в контрольованих умовах, що знижує вплив на зміну клімату.

Утилізація відходів: Біогазові установки дозволяють використовувати органічні відходи, такі як фекалії тварин, стічні води або рослинна біомаса, які в іншому випадку б просто розклалися або були б видалені на смітник. Це сприяє

зменшенню впливу на довкілля та допомагає забезпечити ефективніше використання ресурсів.

Ринок біопалива у світі розвивається досить стрімко, саме тому в Україні зростає інтерес до біоенергетики. Наразі біопаливо має багато переваг перед викопними видами палива, включаючи ціну, розвиток супутніх видів діяльності, забезпечення сталого розвитку, енергетичну автономію та нові ринки збуту для місцевої продукції. Разом з тим, перспективи розвитку біоенергетики в Україні ще не повністю вивчені, а концепція потенціалу виробництва та використання біопалива потребує перегляду.

Крім того, на якість біогазу впливає багато факторів, таких як тип і склад субстрату, температура і режим змішування. Найбільш поширеним показником ефективності є біологічний потенціал метаноутворення, який визначає максимально можливе утворення метану на одиницю маси твердої речовини в суміші. В таблиці 2.4 наведені значення біопотенціалу метаноутворення для деяких видів сировини.

Таблиця 2.4

Потенціал метаноутворення

Сировина	Середньодобова к-сть гною в кг/добу	Вихід біогазу, м ³	Вміст метану, %
Гній великої рогатої худоби (природня вологість 65%)	35	60	70
Гній свинячий(природня вологість 65%)	4	65	60-75
Пташиний послід (природня вологість 75%)	0,15	80-140	70
Кінський гній із соломою	10-12	60	55-65
Силос кукурудзи	1 м ³	180-220	84
Свіжа трава	1 м ³	250	52
Молочна сиворотка	1 м ³	50	
Зерно	1 м ³	550	
Фруктовий жом (природня вологість 80%)	1 м ³	70	
Буряковий жом (природня вологість 77%)	1 м ³	100	
Меласа	1 м ³	430	
Тирса деревини	1 м ³	220	51
Жир	1 м ³	1300	

Виробництво біогазу залежить від безперервного надходження необхідної сировини (питомих обсягів споживання) - це головна передумова економічної раціональності виробництва. Оскільки заздалегідь відомо, скільки сировини буде закуплено у конкретного господарства в даний період часу, виробничі установки для виробництва біогазу зазвичай проектується таким чином, щоб не вимагати попереднього збору або зберігання сировини. Однак, слід зазначити, що біогаз виробляється з рідкої сировини вологістю 92-97%. Тому, коли ми говоримо про видобуток метану з гною тварин, важко визначити точний вихід цього продукту.

Важливою перевагою виробництва біогазу над іншими методами переробки гною є те, що гній після такої переробки містить набагато менше патогенних мікроорганізмів, ніж вихідний матеріал.

Завдяки низькій енергетичній щільності біогазу, це джерело енергії найкраще підходить для малого або середнього децентралізованого або локального мережевого теплопостачання споживачів, але також може використовуватися на електростанціях і в системах централізованого теплопостачання.

Серед сировинних ресурсів сільського господарства найбільш багатими на поживні речовини, що є необхідними для метанового бродіння, однозначно є екскременти тварин.

Властивості та енергетична цінність гною також різняться - це залежить від виду тварин, умов утримання, віку та статі, кількості води для переробки, кількості корму і, відповідно, виробництва біогазу. Вихід CH_4 зі свинячого гною становить $0,54 \text{ м}^3/\text{кг}$, коров'ячого гною - $0,28 \text{ м}^3/\text{кг}$ та пташиного гною - $0,41 \text{ м}^3/\text{кг}$. Кількість гною на добу може бути наступною. Велика рогата худоба - 8-10%, свині - 6-8% живої маси. В абсолютних цифрах кількість гною на добу для корови становить 40-55 кг, для свині 8-10 кг і для курки 0,25 кг. При цьому вміст води у гної корів становить 85-92 %, свиней - 86-91 %, птахів - 56-60 % [4]. Україна може закуповувати 7 млрд. кубометрів біогазу на рік, скоротити

імпорт природного газу і таким чином умовно заощадити 6,5 млрд. доларів США.

Тому при виборі сировини слід також враховувати, що вихід біогазу залежить від вмісту сухої речовини і типу використовуваної сировини. Свинячий гній має найвищу вологість (87-96%), що означає найнижчий вміст органічної сухої речовини, з якої можна отримати біогаз. Коров'ячий гній має нижчу вологість (85-92%). За вмістом води курячий послід містить найбільше органічних речовин, а саме 25% органічної речовини. Свинячий гній може мати різний вміст води в залежності від типу догляду. Вологість гною становить 60-80 %; - гній без підстилки можна поділити на: напіврідкий - 80-92 %; рідкий - 92-97 %; гній - понад 97 %, залежно від вологості [6]. Гній як біогазова сировина має високу буферну здатність, що запобігає швидкій зміні рН в метантенку. Крім того, фекалії містять велику кількість важливих макро- і мікроелементів, які необхідні для метаболічних реакцій, необхідних для утворення метану.

Перевагою процесу отримання біогазу з гною є те, що після переробки цього виду біомаси відходи містять значно менше патогенних мікроорганізмів, що робить його ефективним методом дезінфекції. Крім того, гній є ідеальним субстратом, оскільки його можна легко змішувати з іншою доступною сировиною, наприклад, силосом для окремих рослин.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ЯК ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

У ситуації, коли новітні технології широко поширюються і зростає використання енергоресурсів, стає життєво важливим забезпечення енергетичної безпеки для виживання людства. Багато галузей промисловості в Україні перебувають у складному стані: вони неефективні, зазнають структурних криз, мають застаріле обладнання та сильно залежать від енергоносіїв. Для вирішення цих проблем необхідні реформи у політичній, економічній та соціальній сферах. Сучасна господарська діяльність зосереджена на економічних і екологічних аспектах. У контексті переходу до сталого розвитку важливо проводити аналіз і оцінку еколого-економічної ефективності, яка є комплексним показником діяльності.

Протягом останніх 100 років населення світу збільшилося з 2 мільярдів у 1927 році до 7,8 мільярдів у 2020 році. Проте цей швидкий ріст призводить до зниження біорізноманіття, вирубування тропічних лісів і танення льодовиків. З урахуванням зростання чисельності населення та обмеженості викопних палив, виникає питання про вибір шляху для забезпечення людства енергоресурсами.

Крім того, використання викопних енергоносіїв має значний вплив на вартість продуктів харчування, отриманих з сільськогосподарського сектору. Ці проблеми можуть бути вирішені в значній мірі шляхом використання біомаси з сільськогосподарських джерел як біопалива.

Використання біомаси в якості біопалива має декілька переваг. По-перше, вона є відновлювальним джерелом енергії, оскільки вирощування рослин для біомаси може бути здійснене на постійній основі. По-друге, використання біомаси допомагає зменшити викиди парникових газів, порівняно з традиційними викопними паливами. Крім того, використання

біомаси в якості біопалива може сприяти розвитку сільського господарства і створенню нових робочих місць.

Проте, важливо забезпечити сталість та ефективне управління виробництвом біомаси, щоб уникнути негативних наслідків для довкілля, таких як зайве використання землі, водних ресурсів та використання пестицидів. Разом з тим, повною мірою вирішити цю проблему не вдасться без підвищення енергетичної та екологічної ефективності енергетичних технологій і процесів з використанням біомаси. Інтерес до відновлюваної енергетики наразі зростає прямо пропорційно до ціни на викопні види палива. Цінові коливання на ринку нафти та наслідки глобальної зміни клімату суттєво сприяли тому, що біоенергетика стала важливим напрямком у політичних та економічних планах багатьох країн.

Україна має значний потенціал у розвитку біоенергетики, але наразі відстає в цьому напрямку. Однією з причин такого повільного розвитку є недостатня нормативно-правова база, яка б підтримувала розвиток біоенергетичних технологій. Також відсутня державна підтримка інноваційних розробок у цій галузі, що утримує від інвестицій та впровадження нових технологій. Низький рівень обізнаності та розуміння громадськості щодо переваг біоенергетики також гальмує її розвиток. Крім того, несприятливе інвестиційне середовище створює перешкоди для повернення капіталу в цю галузь.

Варто зазначити, що аграрні підприємства мають потенціал виробляти різні види біопалива для власних потреб. Це включає дизельне біопаливо та біоетанол як рідкі види палива, біогаз, біометан, генераторний газ та піролізний газ як газоподібні види палива, а також паливні гранули, брикети та пелети як тверді види палива. Розвиток цих напрямків біоенергетики може сприяти енергетичній незалежності та сталому розвитку агробізнесу в Україні. У зв'язку зі зростаючим використанням "зелених" технологій у сучасному суспільстві проблеми ефективного використання сільськогосподарської біомаси та повторного використання відходів

розглядаються науковцями як з екологічної, так і з економічної точок зору [15].

В економічній науці економіка виробництва біопалива класифікується як галузева або вертикальна економіка. Її розвиток базується переважно на виробничо-економічних факторах і, меншою мірою, на теоретичних засадах, особливо щодо еколого-економічних переваг [13].

У класичному підході ефективність - це здатність досягнення ефекту, результату, процесу, проекту тощо, що визначається як відношення до витрат на отримання цього результату.

В економіці розрізняють декілька видів ефективності за наслідками досягнутих результатів, зокрема: економічну, екологічну, соціальну, економіко-соціальну, технологічну [17]. Наведемо найбільш поширені їх визначення (рис. 3.1).

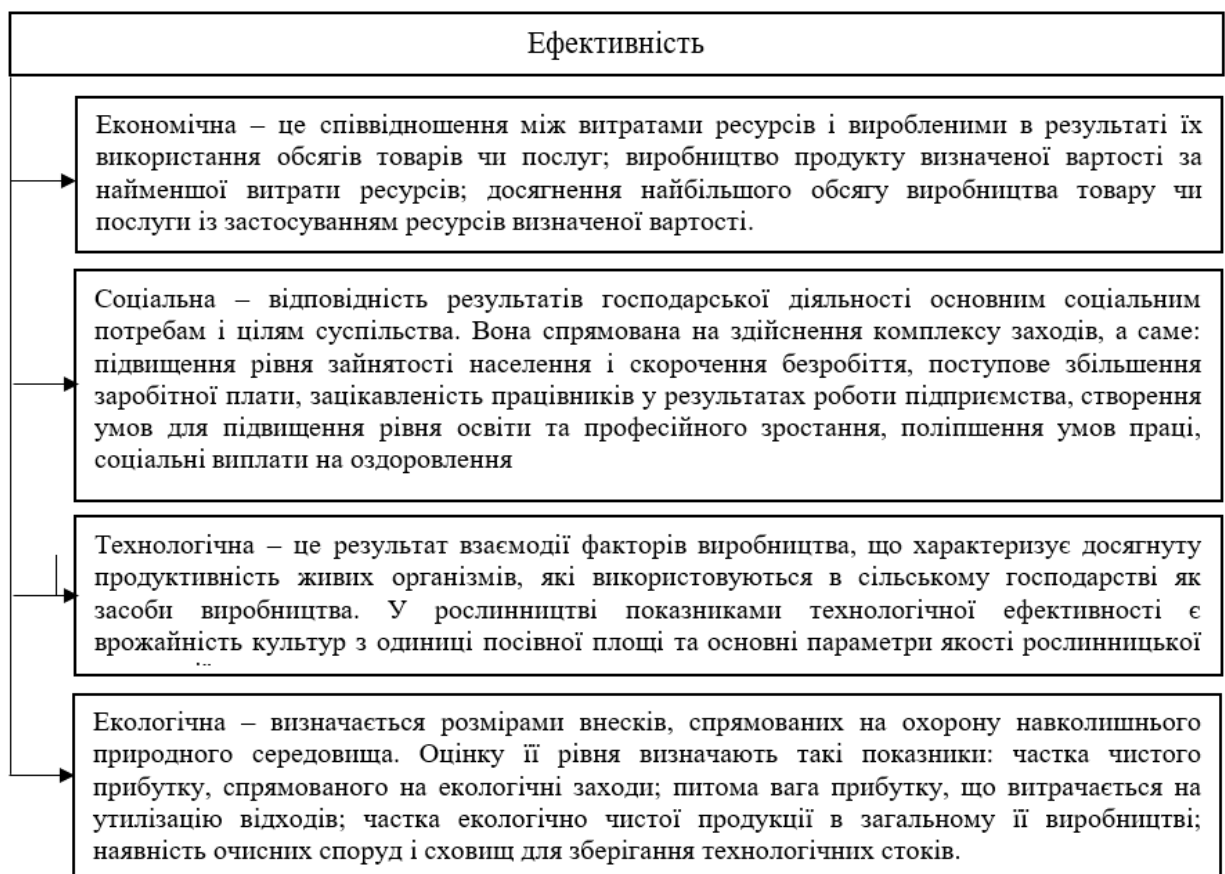


Рис. 3.1 - Класифікація видів ефективності

Підхід до визначення економічної ефективності використання агробіомаси для виробництва біопалива на державному рівні включає наступні етапи:

- Етап 1. Визначення енергоємності ВВП, попиту та пропозиції енергоресурсів країни, аналіз виробництва сільськогосподарської біомаси та утворення і утилізації сільськогосподарських відходів;
- Етап 2. На другому етапі проаналізовано потенціал виробництва біопалива з сільськогосподарської біомаси;
- Етап 3. Розрахунок інвестиційної привабливості біопалива з використанням сільськогосподарської біомаси в якості енергоносія;
- Етап 4. Аналіз можливих шляхів вирішення проблем, які можуть виникнути при реалізації біоенергетичних проектів;
- Етап 5. Розрахунок еколого-економічних переваг використання сільськогосподарської біомаси для виробництва енергії.

При розрахунку витрат на виробництво біогазу та біодобрива сировиною є гній. Вартість гною для групи тварин визначається на підставі нормативно-облікових витрат, витрат на прибирання та витрат на транспортування відходів до місця зберігання. Сюди входять платежі за відходи та нормативно-розрахункові витрати на утилізацію гною, в тому числі: амортизація та поточне обслуговування обладнання для вилучення гною з тваринницьких приміщень, транспортування та зберігання гною та сечі у гноєсховищах.

Для прикладу, візьмемо умовну ферму з поголів'ям 500 голів великої рогатої худоби, середньодобовою кількістю гною 35 кг/добу, розрахуємо та порівняємо можливий прибуток від продажу гною за класичною моделлю утилізації гною та біоенергетичної моделлю утилізації органічних відходів.

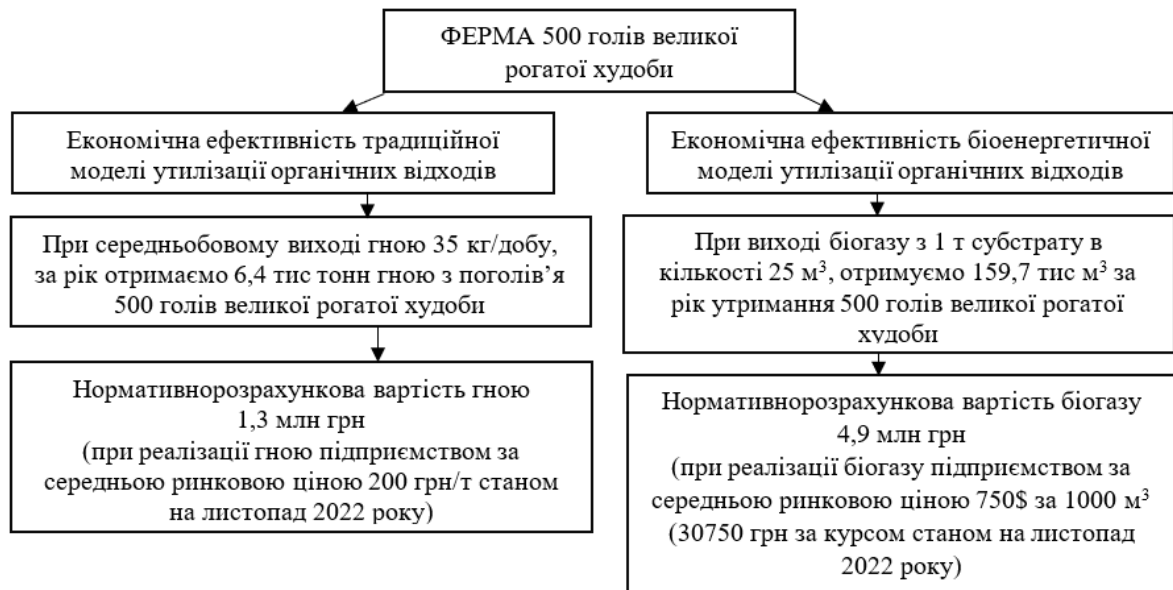


Рис. 3.2 -Порівняльна економічна ефективність традиційного використання гною та його біоенергетичної утилізації в скотарстві

Аналізуючи розрахунки, робимо висновок, що виручка від реалізації гною за традиційною моделлю утилізації складе 1,3 млн. грн, в той час, як реалізація біогазу виробленого з гною великої рогатої худоби, складе 4,9 млн. грн (за цінами, станом на листопад 2022 року).

У табл. 3.1 наведено показники роботи типової біогазової установки виробництва ТОВ «Зорг Україна» та собівартість продуктів біоенергетичної переробки гною.

Виходячи з того, що під час спалювання в когенераційній установці 1 м³ біогазу маємо 3 кВт електроенергії. Отже, при переробці 159,7 тис м³ біогазу можна отримати 479,1 тис. кВт електроенергії, яка належить до альтернативних джерел енергії і є екологічно чистою. Її можна реалізувати за зеленим тарифом, величина якого, згідно із Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» станом на 2021 рік становить 3,96 грн/кВт-год [5]. Тобто від продажу державі 479,1 тис.

кВт електроенергії за зазначеною ціною підприємство отримує виручку на суму 1897,24 тис. грн.

Таблиця 3.1

Показники нормативної собівартості виробництва біогазу та біодобрив

№	Показники	Обсяг завантаження гною на БЕУ, тонн/добу				
		20	40	60	80	100
1.	Займана площа	0,20	0,25	0,30	0,45	0,50
2	Вихід біогазу за добу, м3	500	1000	1500	2000	2500
3	Вихід біогазу на 1 тону гною, м3	25	25	25	25	25
4	Виробництво біогазу за рік, тис. м3	182,5	365	547,5	730	912,5
9	Обслуговуючий персонал, чол.	1	1	1	1	1
10	Оплата праці разом із нарахуваннями, тис. грн	220,3	220,3	220,3	220,3	220,3
11	Обсяг надходження гною за добу, тонн	20	40	60	80	100
12	Обсяг надходження гною за рік, тис. тонн	7,3	14,6	21,9	29,2	36,5
13	Собівартість 1 тонни гною, грн	120	120	120	120	120
14	Разом витрат на видалення гною, тис. грн	164,7	293,5	440,2	586,9	733,7
15	Амортизація, всього, тис. грн	387,8	487,7	551	611	689,3
16	Поточний ремонт, всього, тис. грн	119,4	147,7	168,6	187,8	212,5
17	Електрична потужність, кВт/год	10	15	20	25	30
18	Споживання електроенергії за рік, тис. кВт/год	87,6	131,4	175,2	219	262,8
19	Вартість 1 кВт·год., грн	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
20	Разом витрат на електроенергію, тис. грн	147,16	220,75	294,33	367,92	441,50
21	Теплова потужність, кВт/год	35	70	105	140	175
22	Споживання теплової енергії за рік, тис. кВт/год	306,6	613,2	919,8	1226,4	1533
23	Вартість 1 кВт·год., грн	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
24	Разом витрат на теплову енергію, тис. грн	515,08	1030,18	1545,26	2060,35	2575,44
25	Інші витрати, тис. грн	50	50	50	50	50
	Всього витрат на виробництво, тис. грн	1216,65	1962,43	2718,7	3473,27	4233,44
26	Загальновиробничі витрати, тис. грн	100	110	120	130	140
	Разом усіх витрат, тис. грн	1316,65	2072,43	2838,7	3603,27	4373,44
27	Витрати на збут, тис. грн	52,5	81,1	107,4	133,6	160,8
	Повна собівартість продукції, тис. грн	1369,16	2153,53	2946,10	3736,87	4534,24
28	Собівартість 1000 м3 біогазу, тис. грн	7,50	5,90	5,38	5,12	4,97

У розрахунках використано обладнання компанії ТОВ «Зорг Україна» для переробки гною обсягом від 20 до 100 тонн за добу та виробництва біогазу, твердих і рідких органічних біодобрив. При визначенні нормативної собівартості виробництва біогазу і біодобрив вартість гною було взято із розрахунку 120 грн. за 1 тону.

Таблиця 3.2

Економічна ефективність біоенергетичної утилізації гною

Показники	Значення				
Кількість отриманого гною за рік, тис. т	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Вихід біогазу, тис. м3	159,7	159,7	159,7	159,7	159,7
Обсяг завантаження гною на БЕУ, тонн/добу	20	40	60	80	100
Собівартість 1000 м3 біогазу, тис. грн	7,50	5,90	5,38	5,12	4,97
Повна собівартість продукції, млн. грн	1,20	0,94	0,86	0,82	0,79
Нормативно-розрахункова вартість біогазу, млн. грн	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Прибуток від реалізації біогазу, млн. грн	3,7	3,96	4,04	4,08	4,11

Аналізуючи прибуток від реалізації біогазу, робимо висновок, що на установці потужністю від 20 до 100 тонн/добу собівартість біогазу зменшується на 33, %, з 7,5 тис. грн до 4,97 тис. грн. У результаті проведених розрахунків встановлено, що на установках із потужністю переробки гною від 20 до 100 тонн/добу загальний річний прибуток від продажу біогазу збільшується із 3,70 млн. грн. до 4,11 млн. грн.

Екологічний вплив виробництва біогазу полягає в екологічно безпечній утилізації органічних відходів та побічних продуктів тваринного походження від метанового бродіння.

По-перше, біогазові установки є ефективним вирішенням проблеми утилізації відходів сільськогосподарського виробництва, в тому числі побічних продуктів тваринного походження (гною та гноївки). Найбільший вплив на навколишнє середовище має утилізація гною та екскрементів за допомогою біогазової установки [18].

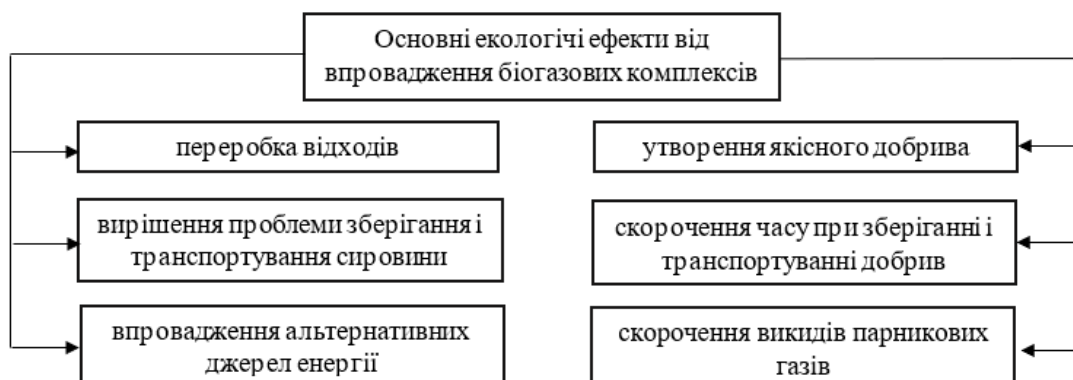


Рис. 3.3 - Основні екологічні ефекти від впровадження біогазових комплексів

Впровадження біогазових установок дозволяє не тільки переробляти гній, а й працювати без анаеробних ставків. Так, гній з тваринницьких ферм повинен зберігатися в анаеробних ставках протягом 6 місяців на молочних фермах та 12 місяців на свинофермах. Крім того, дно анаеробного ставка має бути вкрите матеріалом, який запобігає потраплянню фекалій у ґрунтові води.

Ставки та греблі є не тільки основним джерелом забруднювачів повітря та потенційно можуть забруднювати ґрунт і ґрунтові води, але й займають значні площі землі. Біогазові проекти дають можливість зменшити полігони або повністю відмовитися від такого виду зберігання гною та відходів, оскільки замість відкритих ставків і складування вони відразу подаються в біогазові установки, а метан, що утворюється, використовується в біогазових генераторах або відразу спалюється [12].

Виробництво електроенергії шляхом спалювання біогазу в когенераційних установках - це рішення для енергетичної незалежності компаній та держав.

Гнучка система використання енергоресурсів дозволяє максимально ефективно використовувати отриману теплову та електричну енергію.

Дигестат, що утворюється при виробництві біогазу на біогазових установках, є високоякісним добривом, яке можна продавати або використовувати замість мінеральних добрив.

Органічні відходи тваринництва та переробної промисловості вже є добривом. Однак, існує лише 10-15% ймовірність того, що цей вид добрив є ефективним. При переробці цих відходів на біогазовій установці їх властивості значно покращуються.

Так, середня біогазова установка, яка знаходиться на тваринницькому комплексі і переробляє близько 37000 т/ рік гною, після переробки дає на рік орієнтовно 35000 т цінних біодобрив. В 1 тонні таких добрив міститься в середньому 3,5 кг загального азоту N.

Таблиця 3.3

Хімічний склад біодобрива після біогазового комплексу

Біодобрива (переброджена маса)	Хімічний склад кг/тонну				
	N	NH ₄ - N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Свинячий гній	3,1 – 3,8	1,4 – 2,0	2,3 – 2,4	2,1 – 2,4	0,5 – 0,8
Коров'ячий гній	1,8 -2,2	1,0-1,2	0,8 – 1,6	2,2 – 2,8	0,4 – 0,5
Пташиний послід	7,1 – 8,2	3,0 – 3,5	6,8 – 7,9	5,0 – 5,6	1,5 – 2,2
Трав'яний силос	2,2 – 2,8	0,9 – 1,5	1,9 – 2,3	2,0 – 2,5	0,5 – 0,7

За багатьма показниками біодобрива в рази кращі за інші органічні добрива (гній, компост, торф). Необроблені органічні добрива можуть завдати більшої шкоди ґрунту та забруднити ґрунт і ґрунтові води. Органічний гній - це абсолютно чисте екологічне добриво.

Гній свиней, корів і торф часто містить багато насіння бур'янів. 1 тонна свіжого гною містить до 10 000 насіння різних бур'янів. Це призводить до втрат врожаю в розмірі 5-7 центнерів з гектара продовольчих культур.

Завдяки формі біодобрива, ефективна робота починається відразу після внесення.

Біогаз можна вносити в потрібній кількості в залежності від мінеральних добрив. При застосуванні не відбувається мінералізації ґрунту, оскільки це екологічно чистий продукт.

Як вже зазначалося, важливою перевагою біодобрив є відсутність фази адаптації. Добрива та інші органічні речовини потребують тривалого періоду підготовки (6-12 місяців) перед внесенням у ґрунт. Корисні речовини, що містяться в них, частково втрачаються, інші речовини відіграють роль у ґрунті лише через 2-4 роки після внесення.

Також, слід зазначити, що залежно від способу і тривалості зберігання, органічні відходи втрачають від 25-50% органічної речовини і поживних елементів (в першу чергу азот N). Ще більші втрати спостерігаються при промерзанні з наступним відтаванням до 70%.

Тому, біодобрива мають перевагу не тільки в якості, а значно економлять ще один ресурс - час. А як опосередкований ефект - економія площі зберігання.

Слід зазначити, що перелічені властивості біодобрив сприяють зменшенню екологічних порушень при внесенні гною чи посліду на поле без попередньої підготовки. Це не лише завдає непоправної шкоди навколишньому середовищу, особливо ґрунтам, але й впливає на місцеве населення через неприємний запах.

Скорочення викидів досягається шляхом заміщення енергії з невідновлюваних джерел енергією з альтернативних джерел. На багатьох свинофермах і фермах великої рогатої худоби гній зберігається в анаеробних ставках, виділяючи метан безпосередньо в атмосферу. Зменшення викидів метану від біогазової установки досягається шляхом уловлювання біогазу, який потім спалюється на теплоелектроцентралі.

Крім того, виробництво електричної та теплової енергії з відновлюваних ресурсів (біогазу) призводить до скорочення викидів іншого парникового газу - вуглекислого газу, оскільки виробництво електричної та теплової енергії з відновлюваних ресурсів (біогазу) призводить до заміщення тієї ж кількості енергії, яка постачається електричною системою [11].

Біогазові установки - це не тільки добре для бізнесу, але й добре для країни, особливо пільги. Такі, як:

- тепло (при охолодженні генераторів, які спалюють біогаз, виробляється тепло у вигляді гарячої води, яка може бути використана для опалення будівель свинокомплексу, а також для обігріву населених пунктів, теплиці та стійл для тварин);

- електроенергія (з'являється можливість не втрачати електроенергію і продавати її країні за "зеленим" тарифом. Спалювання біогазу в двигуні внутрішнього згоряння відбувається за допомогою генератора, що виробляє електроенергію);

- після вилучення біогазу та бактерій з органічних відходів утворюється корисне рідке органічне добриво, яке в подальшому можна використовувати для особистих потреб;

- найголовнішим моментом є вирішення екологічних проблем підприємства, а саме очищення септика на підприємстві.

Найважливішою частиною енергоспоживання людини є біоенергія. Хоча за період незалежності України було прийнято низку програм та нормативно-правових актів, які забезпечили сприятливі умови для комплексного контролю за накопиченням відходів сільськогосподарської біомаси, самі ці програми та нормативно-правові акти у більшості випадків були неповними та характеризувалися відсутністю практичних механізмів їх виконання. Для ефективного поводження з відходами сільського господарства необхідно розробити повний пакет стандартів і нормативів, провести комплексні енергоаудити та експертизи, створити прозору систему стимулювання та оцінки ефективності.

Використання відходів для виробництва біопалива потребує вдосконалення та стимулювання на національному рівні, зокрема організаційно-економічних механізмів державної підтримки «зеленої» біоенергетики, бажано законодавчо закріпити підвищення «зелених» тарифів на виробництво електроенергії з біомаси та біогазу, подальше надання фіскальних стимулів, встановлення обладнання для стимулювання

ВИСНОВКИ

Потенціал використання відходів сільського господарства як джерела енергії є значним. Наприклад, сільськогосподарські відходи, такі як стіжки, побутові та тваринні відходи, можуть бути перероблені у біогаз, біометан або тверді палива.

Використання відходів сільського господарства для енергетичних цілей має потенціал знизити витрати на енергію. Наприклад, виробництво біогазу з тваринних відходів може забезпечити додатковий джерело енергії для сільськогосподарських підприємств і допомогти знизити витрати на газ чи електрику.

Економічна ефективність використання відходів сільського господарства залежить від ряду факторів, таких як масштаб виробництва, технології переробки, вартість відходів та ринкові умови. Інвестиції у необхідне обладнання та інфраструктуру можуть бути значними, але здатність до економії на енергетичних витратах може забезпечити повернення вкладень у майбутньому.

Повне використання теоретично доступного потенціалу відходів сільського господарства, отриманих у 2020 році, на виробництво біогазу дозволило б забезпечити 36,1% потреб України у природному газі та замістити 75,8% імпорту цього виду палива. Стратегічний потенціал отримання біогазу з відходів сільського господарства у 2035 році теоретично складе 14317,4 млн куб. м., що дозволить замістити 40,9% загального споживання природного газу і 85,8% його імпорту.

Враховуючи не тільки економічну, але й екологічну складові, використання відходів сільського господарства як джерела енергії може сприяти зменшенню викидів парникових газів та зниженню впливу на навколишнє середовище.

Розвиток біоенергетики на основі відходів сільського господарства може сприяти диверсифікації енергетичного сектору та забезпеченню енергетичної

незалежності. Це може зменшити залежність від імпортованих джерел енергії та стабілізувати ціни на енергоресурси.

Використання відходів сільського господарства як джерела енергії може мати позитивний вплив на економіку сільськогосподарського сектору, створюючи нові можливості для доходів та розвитку сільських громад.

Оцінка економічної ефективності використання відходів сільського господарства як джерела енергії є складним процесом, який потребує комплексного аналізу і оцінки різних факторів.

Для ефективного використання відходів сільського господарства як джерела енергії необхідно проводити дослідження та розробляти інноваційні технології. Це включає в себе вдосконалення процесів переробки біомаси, розробку нових методів виробництва біопалива та використання енергетичного потенціалу відходів.

Розширення використання відходів сільського господарства як джерела енергії може сприяти розвитку сільських регіонів та зменшенню відтоку населення до великих міст. Це може стимулювати розвиток малих і середніх підприємств, створення нових робочих місць та підвищення життєвого рівня сільського населення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. An Overview of Renewable Natural Gas from Biogas. URL: https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-07/documents/lmop_rng_document.pdf (дата звернення: 10.03.2023 р.)
2. Goncharuk I.V. Biogas production in the agricultural sector – a way to increase energy independence and soil fertility». 2020. Agrosvit. № 15. P. 18-29.
3. Living Planet Report 2020. URL: 187 <https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/LPR/PDFs/ENGLISHSUMMARY.pdf> (дата звернення 15.02.2022).
4. The official website of the World Biogas Association. URL: <https://www.worldbiogasassociation.org/> (дата звернення: 16.01.2021 р.).
5. Zhang Zh., Gonzalez A.M., Davies E.G.R., Liu Y. Agricultural Wastes. Water Environment Research. 2012. Vol. 84 (10). P. 1386-1406
6. Барун М. В., Кот А.Г. розвиток біогазового виробництва при переробці відходів свинокомплексу. Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022 : моногр., Полтава-Львів, 2022. С. 179-193.
7. Булигін С. Зберігати, відтворювати і охороняти. Аграрна справа. 2012. № 11. С. 8 - 9.
8. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні. Аналітична записка БАУ № 7. 2014. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-7-ua.pdf> (дата звернення 15.12.2022)
9. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> (дата звернення: 09.04.2023).
10. Коляденко С.В. Теоретичні аспекти еколого-економічної ефективності виробництва біопалива. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2016. № 11. С. 31-39.

11. Кот А. Г., Барун М. В. Екологічні аспекти виробництва та використання біопалива в Україні. Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2022. Збірка матеріалів міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців. Х: ХНАДУ, 2022. С. 38-41.

12. Лісничий В.М., Цаплін Ю.О. Сучасний стан та перспективи розвитку отримання біогазу в Україні: матеріали Четвертої міжнародної конференції (Київ, 22-24 вересня 2008 р.) / ІТТФ НАНУ. К.: 2008, С. 299-300.

13. Матвеев Ю., Гелетуха Г. Біогазова станція. Український досвід. Зелена енергетика. 2004. № 1. С. 4-6.

14. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: підручник. Х: ХНАДУ. 2014. 380 с

15. Офіційний веб-сайт Державної служби статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.03.2023 р.).

16. Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні / БАУ. 2013. URL: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>

17. Пришляк Н.В. Оцінка ефективності використання індивідуальних біогазових установок для переробки біовідходів селянських господарств. Економіка АПК. № 3. С. 50-60

18. Роїк М.В., Курило В.Л., Ганженко О.М., Гументик М.Я. Біоенергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. Біоенергетика. 2013. № 1. С. 5-10.