

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладної екології

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Спеціальність 183 „Технології захисту навколишнього середовища”

Тема роботи: _____ Технології використання дігестату для
підвищення родючості ґрунтів _____

Виконав:
студент Івлєва А.В.
прізвище, ім'я та по батькові

Залікова книжка
№ 16510004

Підпис _____

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Керівник:
ас. Яхненко О.М.
посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис _____
дата, підпис

Консультант з охорони праці:
доц. Васькін Р.А.
посада, прізвище, ім'я та по батькові

Підпис _____

Секретар ЕК
Васькіна І.В.
прізвище, підпис

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.

Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 47 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 59 с., у тому числі 12 таблиць, 11 рисунків, перелік джерел посилання 6 сторінок.

Мета роботи - дослідити особливості технології використання дігестату для підвищення родючості ґрунтів.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- вивчення особливостей отримання дігестату;
- дослідження складу дігестату в залежності від вихідної сировини;
- вивчення особливостей впливу дігестату на ґрунти.

Об'єкт дослідження - залишок від збродження органічної маси - дігестат.

Предмет дослідження - технології використання дігестату як органічного добрива.

У кваліфікаційній роботі надана технологія отримання дігестату у біогазовій установці. Було наведено характеристику сировини, що може застосовуватись для виготовлення дігестату, вивчено особливості зброженого осаду, що отримується після анаеробної ферментації різної сировини. Також було досліджено роль біошлему на покращення стану ґрунтів та підвищення його родючості.

Ключові слова: БІОГАЗ, БІОГАЗОВА УСТАНОВКА, ДІГЕСТАТ, ЗБРОДЖЕНИЙ ОСАД, ЗБРОДЖУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН, ЕКОЛОГІЧНЕ ДОБРИВО.

ЗМІСТ

		С.
	ВСТУП	5
	РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ДІГЕСТАТУ	8
	1.1 Обладнання комплексної переробки органічних відходів за енергоефективною технологією.....	8
	1.2 Технологія анаеробного зброджування.....	9
	1.3 Вплив параметрів метанового бродіння на ефективність процесу зброджування біомаси.....	15
	РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІГЕСТАТУ ЯК ОРГАНІЧНОГО СУБСТРАТУ	18
	2.1 Загальні відомості про дигестат.....	18
	2.2 Характеристика сировини для виготовлення дигестату.....	20
	2.3 Особливості дигестату, що отримується після анаеробної ферментації гною.....	23
	2.4 Особливості дигестату, що отримується після анаеробної ферментації мулових осадів.....	26
	2.5 Особливості дигестату, що отримується після анаеробної ферментації зернової післяспиртової барди.....	27
	2.6 Особливості дигестату, що отримується після анаеробної ферментації суміші з рослинної маси та відходів тваринництва.....	29
	2.7 Сапропель як джерело отримання біогазу та біологічного добрива.....	31
	РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДІГЕСТАТУ	33
	3.1 Роль дигестату у підвищенні родючості ґрунтів.....	33
	3.2 Оптимальні періоди для внесення біодобрив.....	41
	3.3 Способи локального внесення біодобрив.....	43
	РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	46
	ВИСНОВКИ.....	51
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	54

ТС 16510004

Вип.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат.	Технології використання дигестату для підвищення родючості ґрунтів				
Розроб.	Івлева А.В.				Літ.	Аркуш	Аокушіє		
Перев.	Яхненко					4			
Н.Конт	Васькін				СумДУ, ф-т ТеСЕТ				
Затв.	Пляцук				гр. ТС-61				

ВСТУП

В даний час, в результаті діяльності людини, відбувається масштабне забруднення екологічних об'єктів токсичними речовинами природного та штучного походження [1]. Поряд з промисловістю, транспортом, комунальним господарством значним джерелом забруднення довкілля є сільське господарство [2].

Відходи сільського господарства є найбільшим сировинним ресурсом. Такі способи утилізації органічних відходів як складування, поховання на сміттєзвалищах, спалювання уже не виправдовують себе. Вони вимагають не тільки величезної енергії і земельних ресурсів, але також можуть ставати джерелом забруднення навколишнього середовища [3]. Достатньо критична ситуація склалася з циклом азоту, який може мати форму нітратів, нітритів та сечовини. Сполуки азоту призводять до еутрофікації водойм, забруднення підземних вод та ґрунтів екосистем, забруднення атмосфери газоподібними оксидами та аміаком [4].

Актуальність теми дослідження пов'язана з тим, що одним із підходів поліпшення стану навколишнього середовища сучасного промислового суспільства є розробка та впровадження ефективних технологій переробки органічних відходів та їх використання для підвищення родючості ґрунтів. Це дає змогу не тільки зменшувати кількість відходів, а й процвітати сільському господарству за рахунок кращої якості ґрунту.

Резервом підвищення родючості ґрунтів та захисту навколишнього середовища є ефективне використання сільськогосподарських відходів (тваринний гній, пташиний послід, рослинні залишки від рослинництва, овочівництва, садівництва), відходів з м'ясопереробних заводів, цукрових заводів, консервів, мулу з очисних споруд за рахунок утилізації їх в біогазових установках.

ТС 16510004

Арк

5

Вип Арк № докум. Підп. Дат

Такі процеси засновані на реакціях анаеробної біодеградації органічної речовини з утворенням біогазу та ферментованого осаду (відходів виробництва). Під час отримання біогазу отримують шлам, який і використовується як органічне добриво [5, 6].

Оптимальна підтримка посівів культурних рослин поживними речовинами - одне з найважливіших заходів інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Чим більший рівень застосування добрив, тим важливіше використовувати повні наукові та практичні знання, щоб забезпечити високу економічну ефективність добрив. Більше того, вони завжди повинні бути розглянутими невід'ємною частиною системи виробництва рослинницької продукції.

Отримане за допомогою анаеробної ферментації природне біодобриво містить велику кількість мікроелементів та біологічно активних речовин. Основна перевага біодобрив перед традиційними добривами (гній тощо) над поживними речовинами - це їх форма, легша доступність та збалансованість, високий рівень гуміфікації органічних речовин [7].

Склад біодобрива може змінюватись в залежності від виду органічної сировини та кількості вологи в ній, що використовується для його виробництва.

Мета роботи: дослідити особливості технології використання дигестату для підвищення родючості ґрунтів.

Завдання дослідження: вивчити особливості отримання дигестату, дослідити склад дигестату в залежності від вихідної сировини, розглянути можливість використання дигестату в якості органічних добрив в залежності від його складу та особливостей ґрунтів.

Об'єкт дослідження - залишок від зброджування органічної маси - дигестат.

Предмет дослідження - технології використання дигестату як органічного добрива.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

6

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ДІГЕСТАТУ

1.1 Обладнання комплексної переробки органічних відходів за енергоефективною технологією

Проблема накопичення та переробки органічних відходів є актуальною, тому потрібним є вирішення завдання, яке базується на розробці технології із переробкою даного виду відходів.

Установки для утилізації відходів повинні будуватись безпосередньо у районах їх виробництва. Доцільним є перероблення органічної маси в добрива, за рахунок яких буде підвищуватись якість та склад ґрунту, врожайність і активація земельної мікрофлори. Для того, щоб збродити муніципальні стічні води або рідкий гній в анаеробних умовах, може використовуватись одно- та двоступеневе обладнання [8].

Одноступенева технологія характеризується тим, що рідка фракція гною або стічної води проходить через температурну і механічну підготовку, а потім подається на зброджування в метантенк.

Існує дуже багато видів метантенків, вони відрізняються між собою робочим об'ємом, числом камер всередині установки (одно- або багатосекційні), напрямом проходження сировини (горизонтальні чи вертикальні), матеріалом виготовлення (пластмасові, залізобетонні, металеві), схемами термостатування.

На сьогоднішній день метантенки набули популярності та широко застосовуються у різних країнах світу. Це Китай, Індія, Південна Африка, Філіппіни, Нова Зеландія, США, Європа.

На рисунку 1.1 наведена технологічна схема отримання біогазу та дігестату в метантенку.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

8



Рисунок 1.1 Принципова схема дії біогазової установки [8]

1.2 Технологія анаеробного збродження

В процесі анаеробного бродиння відбувається поступове розкладання органічної маси під дією мікроорганізмів у вологому середовищі в анаеробних умовах.

Анаеробне перетравлення відбувається в біогазовому ферментері (біореакторі), де природні бактерії викликають бродиння органічної речовини. Бродиння органічної речовини у ферментері є подібним до того, що зустрічається в природі, на дні річок, озер, у болотах або гнійних ямах.

В основному в таких установках використовуються такі субстрати, як гній, підстилка, муніципальні стічні води, побутові органічні відходи або різні рослинні культури (кукурудза, жито, цукровий буряк тощо), побічна продукція сільського господарства (пелет, барда, ріпак, бурякова м'якоть, бурякова січка, жом тощо).

Субстрат, який переробився в установці, подається на розподілювач. Там відбувається розділення залишок бродиння на рідкі й тверді фракції за допомогою системи механічного розподілення, яка працює в спеціальному програмно-часовому режимі.

Переробка сільськогосподарських відходів у метантенку може забезпечити цілу країну високоякісним біогазом, який можна використовувати як енергетичне паливо та високоефективне біодобриво, яке зможе збільшити урожайність ґрунту на 10-30%.

Звичайний метантенк (рисунок 1.3, 1.4) являє собою штучний резервуар, що має велику ємність (до декількох тисяч м³) для біологічної переробки без повітря (метанове бродіння за допомогою бактерій) органічного осаду із перемішуванням, обов'язково обладнаний газовими віддільниками та пастками проти полум'я [11]. Камери бродіння працюють в безперервному або періодичному режимі завантаження стічних вод або відходів із безперервним витягом біогазу та вивантаженням твердого мулу в кінці процесу [11].

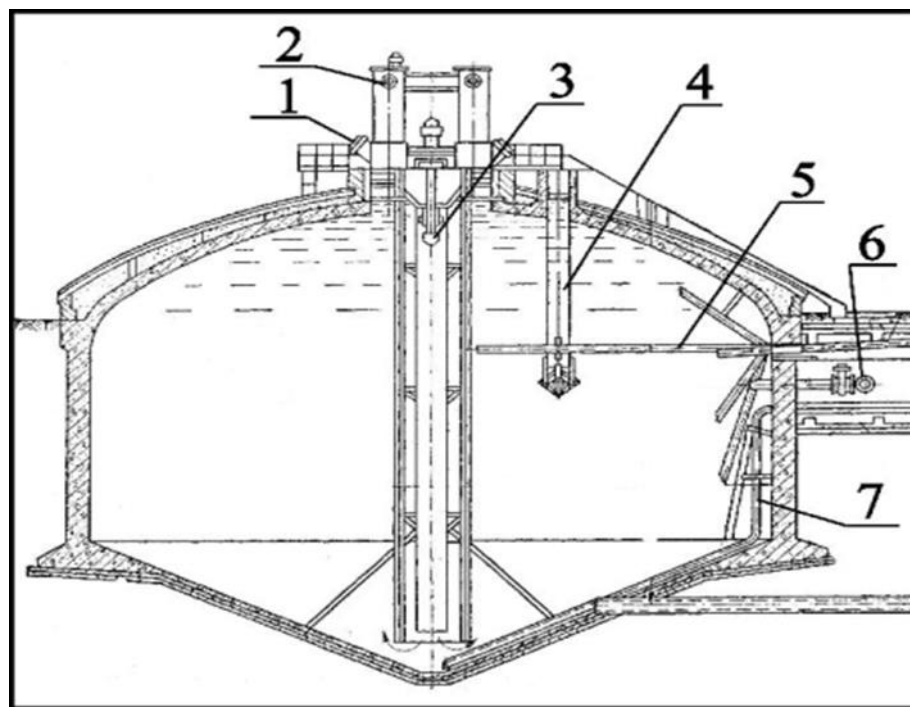


Рисунок 1.3 - Метантенк з нерухомим перекриттям: 1 – оглядовий люк; 2 – газопровід; 3 – змішувач; 4 – переливна труба; 5 – трубопровід для завантаження активного мулу; 6 – інжектор для підігріву метантенка; 7 – трубопровід для вивантаження забродженого осаду [11]

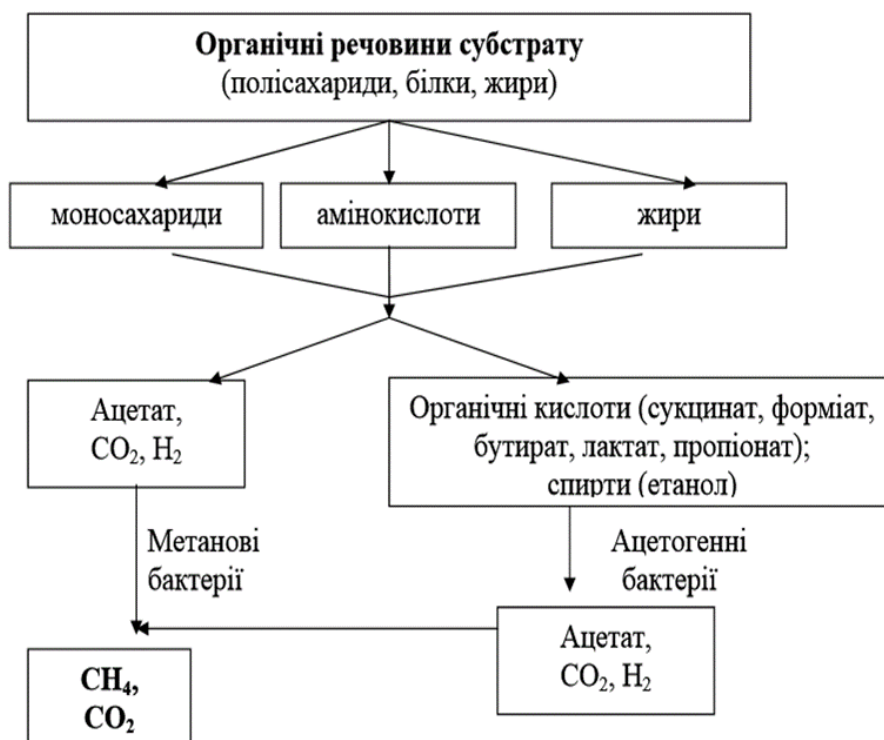


Рисунок 1.5 – Схема біохімічного перетворення субстрату на метан [12]

Для стабільної роботи процесу для отримання біогазу і отримання біодобрих важливі такі параметри:

- температура;
- рН середовища;
- анаеробні умови в реакторі;
- склад та якість сировини;
- концентрація твердих частинок;
- інгібітори (іони важких металів та їх сполуки, синтетичні хімічні ПАР);
- відношення вуглецю до азоту C: N;
- кислотно-лужний баланс;
- завантаження робочої зони;
- час циклу розкладання;
- інтенсивність перемішування.

Для кожної групи мікроорганізмів, що беруть участь у стадіях, ці фактори впливають по-різному.

зброджуванні різних субстратів температура може змінюватись у сторону збільшення або зменшення на декілька градусів [13].

При анаеробному бродінні бактерії пристосовуються до конкретного температурного режиму. Якщо перевести мезофільний режим на термофільний, то адаптація, скоріше за все, закінчується за 10-20 діб, тому що мезофільна група бактерій завжди включає в себе і термофільні організми (ця кількість може перевищувати більше 10%). Зміна температури на кілька градусів істотно впливає на показники процесу. При температурі 38°C коливання останньої можливе всього на $\pm 2,8$ °C, при 53–55 °C на $\pm 0,3$ °C.

Мезофільний тип бродіння має наступні переваги: коли температура відхиляється від оптимальної на 1-2 °C, продуктивність практично не знижується; для підтримки температури використовується менше енергії [14]. Його недоліки - повне розкладання субстрату займає більше часу - 25 днів, біошлам, отриманий в цьому режимі, не стерильний.

Щодо термофільного типу бродіння – перевагами є те, що для повного розкладання субстрату потрібно менше 12 днів; біологічний шлам, отриманий в цьому режимі, повністю стерильний, тому його можна використовувати як кормові добавки для тварин [15]. Його недоліки: коли температура відхиляється на 1-2 °C, продуктивність процесу значно падає; для підтримки температури потрібна енергія [16].

Розкладання органічних компонентів залежить від терміну перебування осаду у метантенку, концентрації та навантаження за сухою беззольною речовиною [17, 18]. На процес анаеробного бродіння також впливає збільшення або зменшення кількості води в субстраті.

При вологості менше 91% або вище 97%, процес бродіння рідкого осаду порушується, лужність середовища відхиляється від норм і змінюється кількість амонійного азоту в муловій рідині.

Обов'язковим є перемішування наповненого реактора, так як при цьому запобігається утворення мертвих площ, відкладення піску, розшарування осаду,

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

16

утворення кірки, а також вирівнюється температурне поле, вирівнюється концентрація метаболітів (що утворюються при процесі зброджування) і токсичних речовин.

Перемішування грає велику роль в поєднанні з температурою (рисунок 1.6). При поганому змішуванні з $t=35\text{ }^{\circ}\text{C}$ та зниженні ефективності реактора на 50% зменшується ефективність бродіння при терміні перебування більше ніж 30 діб на 5%, якщо $t=30\text{ }^{\circ}\text{C}$, то на 16%.

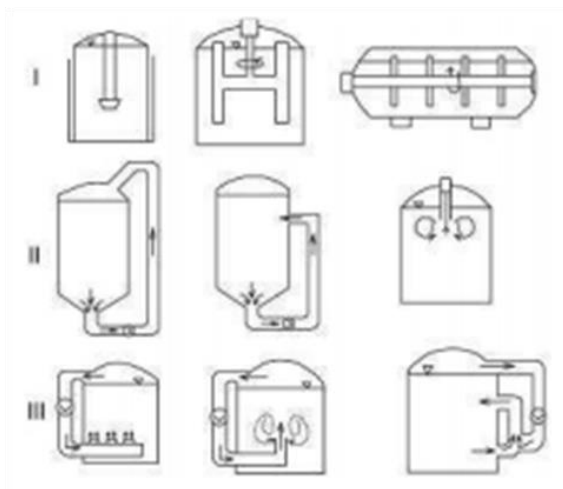


Рисунок 1.6 Схеми пристроїв для перемішування: I – механічні; II – гідравлічні; III – газові [19]

На анаеробне бродіння впливає і режим завантаження. Біореактори працюють у безперервному, періодичному та напівбезперервному режимах.

Краще використовувати метантенк з прямоочною схемою, бо так завантаження і вивантаження мулу проходить одночасно та безперервно. Для зменшення використання енергії можуть застосовувати згущення або підігрів осаду перед анаеробним процесом [19].

РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ДІГЕСТАТУ ЯК ОРГАНІЧНОГО СУБСТРАТУ

2.1 Загальні відомості про дигестат

Біогаз утворюється в результаті метанового бродіння органічних речовин. Але газ — це лише 10% від загальної біомаси, з якої він виробляється. Залишок виробництва біогазу з органічної маси отримав назву дигестат.

Слід зазначити, що загальноприйнята назва для ферментованого мулу у вітчизняній та зарубіжній літературі позначена різними термінами: ефлюент [20], біодобриво [21], дигестат [22], біогазовий осад [23], біологічний шлам [24] тощо.

При сепарації дигестату утворюються тверда (шлам) і рідка (концентрат) фракції.

Рідка фракція містить менше 5% сухої речовини та основну кількість азоту та калію [22]. Її розпоршують на поля або відправляють на перезавантаження в анаеробний реактор, змішуючи з твердою сировиною.

Тверда фракція компостується з іншими органічними відходами [22] або змішується з сорбентами: торфом, тирсою, ґрунтом тощо [21]. В такому вигляді шлам зручніший для зберігання та транспортування.

Після додаткового зневоднення тверді відходи використовують для розпушування та мульчування ґрунту, а також для приготування почвоґрунтів. У країнах Західної Європи тверда фракція використовується у виробництві композитних та енергетичних матеріалів.

Дигестат являє собою органічну масу (вологістю 87–98% та рН 7,3–9,0 [22]) з поліпшеним складом і практично відсутнім неприємним запахом.

Цінність такої маси становить в тому, що азот зберігається в аміачній (до 50-75%) та органічній формі. Фосфор зустрічається у вигляді фосфатів та

—	
—	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

18

нуклеопротеїнів, а калій у формі засвоюваних солей (що забезпечує їх кращу засвоюваність рослинами). Є й інші макроелементи, такі як кальцій (1,0-2,3%), магній (0,3-0,7%), сірка (0,2-0,4%).

Біодобриво також містить мікроелементи [25], а також амінокислоти, ферменти гідролізу, нуклеїнові, гумінові та органічні кислоти (фульвокислоти), моносахариди, фітогормони (гіберрилін, ауксин, цитокеніни), вітаміни групи В, деякі антибіотики та інші біологічно активні речовини. Таким чином, біологічний шлам – це джерело легкозасвоюваних поживних речовин для рослин.

Анаеробне травлення в метантенках не тільки впливає на доступність поживних елементів ферментованої сировини, а також на інші показники якості одержаного біоосаду.

Після процесу анаеробного бродіння міститься значно менша кількість збудників хвороб, личинок та яєць глистів [26, 27], порівняно зі звичайним гноєм. Установлено, що при вищій температурі та часі знаходження субстрату в реакторі відбувається більший дезінфікуючий ефект. Загибель патогенної мікрофлори та паразитів починається вже в режимі мезофільної ферментації (33-38 ° С) і досягає свого максимуму у випадку термофільної (53-55 ° С) [22].

Дослідження вчених із Білорусії (Т.В. Старченко, Н. Ф. Капустіна, А. Н. Босаревський, С. Н. Понікарпчик) підтверджують знищення яєць гельмінтів й амбарних кліщів та у 2 рази зниження кількості цист блантідії в процесі мезофільного збродження [28].

У Поліському інституті сільського господарства та екології було проведено паразитологічний аналіз зброженого осаду, результати показали відсутність життєздатних личинок глистів, яєць трихоцефалій, а також зменшення на 65% яєць гельмінтів [24]. Також при санітарно-бактеріологічному аналізі було виявлено знищення хвороботворної мікрофлори, хоча рівень забруднення клострідіумом і коліформами знаходиться у нормі.

ТС 16510004

Арк

19

Вип Арк № докум. Підп. Дат

М. П. Кучинський, С. С. Липницький, А. В. Камінський, (Інститут експериментальної ветеринарної медицини) помітили докорінне зменшення загальної кількості мікробіологічного забруднення приблизно на 50–65% [29]. Наявність полівірусів зменшується на 98,5%, показник кишкової палички - від 10^8 до 10^5-10^4 , а яйця паразитів - на 90-100%.

Вчені інших зарубіжних країн також говорять про загибель 90% збудників тварин при анаеробній переробці та повне чи часткове руйнування рослинних збудників у мезофільних умовах [25, 26].

Анаеробне зброджування сприяє зменшенню кількості та розповсюдженню збудників і виникнення хвороб у сільськогосподарських тварин. Сільськогосподарські відходи мають велику кількість насіння із бур'янів. Вони дуже впливають на ефективність ефлюенту. Дослідження вчених із Данії говорять про те, що анаеробний процес зброджування сильно впливає на зниження розвитку насіння (*Chenopodium album*, *Brassica napus*, *Solidago canadensis*, *Avena fatua*, *Fallopia convolvulus*, *Sinapsis arvensis*, *Amzincia micranta*) в мезофільних умовах і повне їх знищення на 11 день бродіння [26]. Хоча було доведено, що при термофільному режимі загибель відбувається швидше.

Отже, дігестат це високоефективне органічне добриво, яке проходить етапи бродіння, знищення шкідливих речовин, має корисні для рослин і ґрунту елементи.

2.2 Характеристика сировини для виготовлення дігестату

На даний час за допомогою сучасних технологій для отримання біодобрив можна переробляти різні види органічних відходів.

Основні види відходів:

1. гній великої рогатої худоби (ВРХ);
2. курячий послід;

ТС 16510004

Арк

20

Вип Арк № докум. Підп. Дат

3. свинячий гній;
4. бадилля цукрового буряка;
5. солома та трава;
6. відходи лісного господарства;
7. осад та стічні води;
8. відходи молокозаводу (лактоза, молочна сироватка).

Відходи тваринного та пташиного походження являються найбільш цінними органічними добривами, до складу яких входять рідкі та тверді виділення тварин. Саме в них є важливі елементи для росту й живлення рослин.



Рисунок 2.1 - Сировина, яку можна використовувати для виробництва дигестату

Гній виступає головним органічним добривом у всіх районах України. Він представляє собою суміш твердих і рідких виділень сільськогосподарських тварин (курячий послід, гній ВРХ і свиней), з підстилкою (тверда фракція) і без неї (рідкий гній). У якості підстилки слугує солома, тирса тощо. У гної є всі корисні елементи, необхідні рослинам.

Якість гною може залежати від виду тварин, складу кормів, кількості і якості підстилки, способу нагромадження й умов зберігання (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Хімічний склад безпідстилкового гною різних видів тварин.% [30]

Показники середнього вмісту	Велика рогата худоба	Свині (на відгодівлі зерном)	Кури-несучки
Суша речовина	10,00	10,00	20,00
Органічні речовини	6,80	7,70	14,90
Азот	0,40	0,65	1,52
Фосфор	0,06	0,14	0,61
Калій	0,46	0,27	0,50
Кальцій	0,21	0,26	1,03
Магній	0,05	0,06	0,12
Натрій	0,05	0,04	0,11
pH	7,8	6,8	6,7

Збирання і зберігання органічних добрив (підстилковий гній, гноївка, пташиний послід) відбувається у спеціальних місцях: гноєсховища, сховища для пташиного посліду, майданчики для недопущення інфільтрації біогенних елементів і токсичних речовин до рівня ґрунтових вод.

Якщо суха частка гною містить більше 30%, то його зберігають у буртах, а щоб запобігти випаровуванню поживних речовин, їх накривають плівкою або шаром соломи.

Безпідстилковий гній збирається у великій кількості на фермах і тваринницьких комплексах.

ТС 16510004

Арк

22

2.3 Особливості дігестату, що отримується після анаеробної ферментації гною

Органічна речовина служить потужним енергетичним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів, саме тому при її застосуванні в ґрунті відбувається активація азотофіксуючих та інших мікробіологічних процесів.

У таблицях 2.2, 2.3 наведено хімічний склад біологічних добрив [30, 31, 32].

Таблиця 2.2 - Хімічний склад біодобрив з біогазової установки. Тверда фракція 75% вологість* [30, 31, 32]

В кілограмах на тонну

Біодобриво (зброджена маса)	Хімічний склад				
	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
Свинячий гній	5,9-6,5	1,4-2,0	5,3-5,8	6,1-6,3	1,5-1,8
Коров'ячий гній	4,3-5,0	1,0-1,2	2,7-2,9	7,5-7,8	1,3-1,5
Кінський гній	3,6-3,8	1,0-1,1	4,0-4,3	4,3-4,8	1,5-1,8
Пташиний послід	17-18	3,0-3,5	10-10,9	8,0-8,8	3,5-4,2
Трава	3,2-3,5	0,7-1,0	1,3-1,4	4,2-4,8	0,5-0,6
Трав'яний силос	3,5-3,8	0,5-0,9	1,2-1,3	4,0-4,5	0,5-0,6
Кукурудзяний силос	3,7-4	1,2-1,3	1,3-1,4	4,2-4,5	0,8-1
Бадилля цукрового буряка	2,1-2,3	0,5-0,9	1,2-1,4	3,5-4	0,7-0,9
Пивна дробина	14-16	2,0-2,5	6,0-6,5	5,4-5,5	0,6-0,8
Зернова барда	16-18	1,9-2,3	6,0-6,3	5,3-5,5	0,6-0,8
Жом(цукровий буряк)	5,0-6,2	-	3,3-3,5	4,2-4,5	1,2-1,6
Відходи бойні	10-12	1,8-2,0	20-25	3,0-3,5	2,5-2,6
Відходи молокозаводів	2,5-3,2	0,4-0,8	1,0-1,2	-	-

ТС 16510004

Арк

23

Продовження табл. 2.2

Зернові відходи	8-10	1,8-2,0	5,6-6,0	5,2-5,3	0,7-0,8
Відходи переробки картоплі	4,5-4,7	1,5-1,8	2,8-3,5	4,6-4,8	1,2-1,4
Макуха (фрукти)	6-6,8	-	6,4-6,7	5,3-5,8	2,1
Органічні харчові відходи	5,6-5,8	1,6-1,9	3,2-3,6	4,0-4,3	2,5-2,7
Рапсовий шрот	4,5-5	-	2,6-3,8	5,6-7	3,2-3,4
Активний мул	3,9-4,2	2,4-3,2	2,2-2,9	2,1-2,2	0,5-0,6

* - вміст основних елементів може змінюватися в залежності від складу субстрату

Таблиця. 2.3 - Хімічний склад біодобрив із біогазової установки. Рідка фракція 95% вологість* [30, 31, 32]

Біодобрива (зброджена 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
Гній ВРХ	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

* - вміст основних елементів може змінюватися в залежності від складу субстрату

Цінність біологічного добрива також полягає в тому, що при дозріванні гній позбувається частини нітритів і нітратів, які надмірно містяться в гною птахів та домашніх тварин. У процесі бродіння вони ферментуються до аміаку та метану. Корисні фосфор, калій та азот, що містяться в ферментованій масі, повністю залишаються в біологічних добривах.

Основна перевага анаеробного бродіння полягає в тому, що майже весь азот, що міститься в сировині, зберігається в органічній чи амонієвій формі.

ТС 16510004

Арк

24

З традиційними методами приготування органічних добрив (компостування) втрати азоту досягають 30-40%. Чотириразова переробка анаеробного гною - порівняно з неферментованим гноєм - збільшує вміст амонієвого азоту (20-40% азоту переходить у форму амонію). У результаті ферментований гній, у порівнянні зі звичайним, в еквівалентних дозах збільшує врожайність на 10-20%. Висока прибутковість біогазових технологій забезпечується одночасним виробництвом високоефективних органічних добрив, 1 тонна (за рахунок впливу на сільськогосподарські культури) відповідає 70-80 т природних відходів тваринництва та птахівництва.

Біошлам можна розділити на дві фракції: рідку і тверду за допомогою шнекових сепараторів. Обидва - це добрива.

Після обробки біогазовою установкою, біодобрива мають такі переваги:

1. відсутність патогенної мікрофлори;
2. максимальне накопичення та збереження азотовмісних сполук;
3. відсутність насіння бур'янів;
4. відсутність терміну зберігання;
5. екологічно-ефективний вплив на ґрунт;
6. стійкість до вимивання корисних елементів з ґрунту.

Ферментовані матеріали покращують фізичні властивості ґрунту.

Мінеральні компоненти являються джерелом енергії та живлення для підземних мікроорганізмів, покращують засвоєння рослинами поживних речовин. Це біологічне добриво містить багато органічних речовин, які сприяють підвищенню проникності ґрунту та його гігроскопічності, поліпшують загальний стан ґрунту та запобігають виникненню ерозії. Біодобрива також є основою для розвитку мікроорганізмів. З їхньою допомогою поживні речовини переходять у таку форму, яка легко засвоюється рослинами. Дігестат сприяє прискоренню проростання насіння, швидкому виживанню рослин, при пересадці зменшує стрес. Також ці біодобрива

ТС 16510004

Арк

25

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

допомагають розкислитися та відновитися ґрунтам після довготривалої експлуатації [33, 34].

2.4 Особливості дігестату, що отримується після анаеробної ферментації мулових осадів

Існує безліч способів утилізації осаду стічних вод: висушування та використання у будівельній сфері, спалювання в печах, у якості харчових добавок у раціон тварин і добрив для підвищення родючості ґрунту на полях.

Такий осад містить багато поживних та корисних елементів: калій, азот, фосфор. Однак, в ньому також містяться патогенні мікроорганізми і солі важких металів, сирий осад схильний до гниття, тому муніципальні стічні води теж можуть використовуватись для переробки у біогазових установках. На жаль, анаеробне збродження не зменшує кількість важких металів. Перед процесом бродіння обов'язковим є попереднє очищення стічних вод від солей важких металів.

Під час очищення стічних вод основна частина їх забруднення, а також біомаса та реагенти, що використовувалися для очищення стічних вод, зберігаються у вигляді осаду. Висока кількість осаду, вологість і схильність до руйнування вимагають впровадження технічних рішень для їх переробки.

Стабілізація осадів полягає у зміні їх фізико-хімічних та хімічних властивостей і супроводжується зниженням активності гнильних бактерій (мікроорганізми, які працюють за допомогою кислотного бродіння). Крім того, органічні сполуки в мулі використовуються для отримання енергії, оскільки відомо, що під час анаеробного травлення органічні речовини розкладаються, утворюючи основні кінцеві продукти - метан (CH_4) та вуглекислий газ (CO_2).

Серед технологічних методів, які використовуються для стабілізації мулу стічних вод [35], є мінералізація органічної речовини в анаеробних умовах, термічна обробка, біотермічний розклад; посилення активної екологічної

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

26

реакції; термічна обробка; зневоднення мулу; додавання реагентів, що не дають розвиватися мікроорганізмам. Вибір методу, що використовується та рівень його впливу забезпечує тимчасову та необоротну стабілізацію.

Методи анаеробної і біологічної стабілізації є найбільшою можливістю впровадження на комунальних очисних спорудах.

Розкладання органічної речовини в осаді при процесі збродження становить 25-53%, підвищується їх вологість на 1,4-1,6% і зменшується суха речовина осаду до 30% [36].

Для обробки осаду стічних вод, що надходять із міських очисних споруд пропонується первинна стабілізація органічних речовин за допомогою короткочасних автотермічних установок для стабілізації кисню з подальшим анаеробним перетравленням в біологічних ферментаторах (метантенках).

Ферментовану масу (дігестат) піддають переробці в двох напрямках:

а) для подальшого видалення у вигляді мінерального чи органічного добрива;

б) можливе використання як вермикультури для виготовлення біогумусу і білків, за рахунок чого цінність вторинного продукту підвищується;

в) після процесу висушування, пресування і піролізу можлива утилізація у вигляді пального.

Зброджену масу стічних вод можна вносити під різні культури, але найбільша їх ефективність просліджується при застосуванні під силосні, овочеві культури та цукровий буряк.

2.5 Особливості дігестату, що отримується після анаеробної ферментації зернової післяспиртової барди

Барда – рідкі відходи спиртового виробництва.

Післяспиртова барда (ПСБ) в натуральному вигляді не користується попитом на ринку, тому що не може довготривало зберігатись.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

27

Післяспиртова барда має сезонний характер, так як використовується у сирому вигляді у якості корму для свійських тварин. Улітку барда накопичується на майданчиках та сховищах і спричиняє забруднення ґрунтів і повітря. Немалі відстані між спиртовими заводами і фермами та транспортування зернової барди також є недоліком її використання [37].

Зернова барда складається з багатьох мінеральних компонентів: сульфати, нітрати, фосфати, кальцій, калій, сполуки, що мають певний токсичний вплив на мікроорганізми. Також вона містить велику кількість вітамінів: вітаміни групи В, А, Е, D, біотин, амінокислоти, фосфор, каротин, залізо, мідь, цинк, фолієва кислота. Через це її використовують для годівлі худоби у необробленому вигляді [38].

Зернова ПСБ піддається переробці способами:

1. виробництво кормових дріжджів, лаккази (фермент, який має застосування у пивоварній і харчовій промисловості), біогумусу;
- 2.зворотній осмос, ультрафільтрація;
- 3.анаеробне зброджування.

Таблиця 2.4 - Склад післяспиртової барди (сирої) [37]

Барда	pH	ХСК,г О ₂ /дм ³	БСК*,г О ₂ /дм ³	N _{заг} , г/дм ³	P _{заг} , г/дм ³	Са,% від СР*	Лізин ,% від СР	Цистин, % від СР	Метіонін, % від СР
Кукурудзяна	3,3 - 4	59	43	5,46	2,28	0,17	0,71	0,20	0,28
Ячмінна	3,7 - 4,1	97	83	6,00	8,00	0,24	0,49	0,15	0,26
Пшенична	4,6	50	26	1,50	1,70	0,18	0,83	0,33	0,43

Переробка барди анаеробним способом використовується у багатьох країнах і може проходити в різних, за конструкцією, реакторах.

ТС 16510004

Арк

28

Предметом досліджу було визначити ефективність застосування відходів тваринництва і рослинної продукції. Матеріалом для експерименту слугували гній ВРХ і свиней та рослинні матеріали. Досліди проводили в лабораторії на біогазових установках.

Динаміку та вихідну потужність продукції реєстрували за допомогою об'ємного лічильника газу. Використовувався мезофільний температурний режим (34–35°C). Вологість субстрату в біореакторі сягала 90%, її підтримували додаванням води (метод розрахунку).

Дослідження проводилось у три етапи. Рослинною сировиною слугували кукурудзяний силос, зелена маса кукурудзи, суданська трава. Було встановлено, що процес бродіння 20 кг біомаси відбувався більш ефективно в першому і третьому метантенку, де завантажено 3/ 4 частини рослинного матеріалу та 1/ 4 частини гною ВРХ і свиней відповідно.

Таблиця 2.5 - Експериментальна схема досліджу [41]

Метантенк	Тривалість досліджу, днів	Співвідношення сировини	Маса сировини при завантаженні, кг	
			Рослинна сировина	Гній
I	90	Рослинна сировина +гній свиней	15	5
II	90	Рослинна сировина +гній свиней	10	10
III	90	Рослинна сировина +гній ВРХ	15	5
IV	90	Рослинна сировина +гній ВРХ	10	10

Після процесу анаеробного бродіння отриману біомасу з метантенка розділяють на рідку 5% та тверду 25% фракції. Отримана суміш із гною та рослинної сировини після ферментації містить великий вміст корисних та поживних речовин, її тверду фракцію сепарують, досушують, пакують і застосовують як добриво, рідку фракцію вивозять на поля.

ТС 16510004

Арк

30

Вип Арк № докум. Підп. Дат

Таблиця 2.6 - Хімічний склад твердої фракції біомаси (25 % сухої речовини), кг/т [41]

Метантенк	Поживні сполуки				
	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
I	4,10	1,1	2,44	4,93	0,88
II	4,80	1,3	3,49	5,35	1,15
III	3,73	0,95	1,74	5,30	0,80
IV	4,05	1,0	2,09	6,10	1,00

Таблиця 2.7 - Хімічний склад рідкої фракції біомаси (5 % сухої речовини), кг/т [41]

Метантенк	Поживні сполуки				
	N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
I	2,75	1,33	2,17	2,30	0,63
II	3,00	1,45	2,25	2,30	0,65
III	2,38	1,18	1,88	2,35	0,58
IV	2,25	1,15	1,65	2,40	0,55

В такому субстраті є корисні елементи – азот, фосфор, калій, лігнін, целюлоза. Перевагою цієї суміші є вміст органічних речовин, що допомагають розвиватись ґрунтовим бактеріям, які перетворюють для рослин важкодоступну поживні компоненти у легкозасвоювану форму.

2.7 Сапропель як джерело отримання біогазу та біологічного добрива

Джерелом для отримання біодобрив та отримання біогазу може слугувати сапропель, який добувається із дна озер. З часом, у результаті накопичення мулових осадів, озера починають заростати рослинністю, міліти та

ТС 16510004

Арк

31

перетворюватись у болота і торф'яники. Під ними відбуваються процеси утворення та виділення метану.

За допомогою спеціального обладнання сапропель можна збирати без порушення його цілісності та без зайвої води. Суміш подають у метантенк та додають до неї сухий подрібнений торф або інші органічні адсорбенти. Змішана з адсорбентом сапропелева біомаса на виході має гарну сипучість і вологість 60-65%. Її застосовують при вирощенні грибів (в теплицях), овочів, у якості поживних добавок у раціон птахів і тварин, підстилки для вирощування зернових культур, ефективного органічного добрива для підвищення родючості ґрунтів.

Використання сапропель може вирішити низку питань:

1. проблема парникового ефекту. При видобутку сапропель з дна озер зменшується кількість викидів метану в повітря. Показник виготовлення хімічних добрив значно зменшується за рахунок заміщення їх на біодобрива;

2. проблема джерел енергії. У біогазових установках із сапропель витягується метан, а зброджений осад являється якісним добривом;

3. проблема опустелювання та деградація ґрунтів. При внесенні сапропелевої біомаси в землю забезпечується живлення і розмноження мікроорганізмів, збільшується енергетичний потенціал ґрунту, відновлюється врожайність;

4. проблема якісних продуктів харчування. За рахунок застосування сапропелю вирощуються органічні овочі та фрукти, збільшується врожайність, покращується стан та якість продукції, що несе позитивні зміни у здоров'ї людини.

Така технологія є безвідходною та безпечною для навколишнього середовища, так як усувається проблема шкідливих викидів. Окрім того, видобуток сапропелю може відновити водотоннажність та рибні запаси водойми, збільшити ресурс прісної води.

ТС 16510004

Арк

32

Вип Арк № докум. Підп. Дат

РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДІГЕСТАТУ

3.1 Роль дігестату у підвищенні родючості ґрунтів

Найважливішу роль у підтримці екологічної рівноваги в ґрунті відіграє запас гумусу, який є поживним середовищем для мікроорганізмів, які стимулюють живлення рослин та процеси їх росту.

Основу природного гумусу складають залишки органічних рослинних речовин: фракції, що розклалися найменше, фракції, що ще розкладаються, складні речовини, отримані в результаті гідролізу та окислення органічних речовини, що є результатом життєздатної діяльності мікроорганізмів.

Гумус включає гумінові кислоти, фульвокислоти та солі цих кислот, а також гумін. Гумін має значну питому поверхню (600-1000 м² / г) з високою адсорбційною здатністю. Після внесення в ґрунт невеликої кількості гумусу, порівняно з іншими добривами, змінюється не лише хімічний склад і якісні фізико-хімічні характеристики ґрунту, змінюється і склад і структура мікрофлори, що, в свою чергу, призводить до зміни мікробіологічного режиму в ґрунті, активізуючи процеси перетворення речовини та енергії. В результаті метаболічні процеси прискорюються, включаються нові цикли розвитку мікрофлори, зокрема збільшується активність азотфіксуєючих бактерій.

Гумінові речовини, що виникають в результаті розкладання органічних речовин, активно беруть участь у всіх важливих процесах ґрунтоутворення та формують його родючість. Основним показником ґрунтового гумусу є вміст органічної речовини, оскільки він значно покращує фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, сприяє родючості.

Гумінові матеріали, що утворюються під час бродіння в метантенку, покращують фізичні властивості ґрунту: аерацію, утримання води та інфільтрацію ґрунту, а також швидкість обміну катіонів. Крім того, біодобриво

ТС 16510004

Арк

33

Вип Арк № докум. Підп. Дат

служить джерелом енергії та поживних речовин для активності корисних бактерій. Це сприяє підвищенню розчинності важливих хімічних поживних сполук у ґрунтовому розчині в ґрунті та призводить до кращого засвоєння вищими рослинами.

Таблиця 3.1 - Нормативні показники гумусу для різних органічних відходів (кг гумусу в 1 т субстрату) [42]

Субстрат	Вміст сухої речовини, % (у свіжій масі)	Вміст гумусу, кг (в 1 т свіжої маси)
Зброджена маса (рідка фракція)	4 - 10	6 - 12
Зброджена маса (тверда фракція)	25 - 35	36 - 54
Фільтраційний мул	10 - 20	10 - 15

При застосуванні гумусу можна досягти значного підвищення врожайності та її якості. Пшениця дає врожаю на 15 – 20 % більше, кукурудза – 20 – 30%, картопля до 30%, цукровий буряк до 20%.

Біогумус має безліч переваг:

1. підвищує вологостійкість та вологоємність;
2. механічна міцність гранул;
3. не містить насіння бур'янів;
4. сприяє розвитку великої кількості різноманітних корисних мікроорганізмів, утворенню антибіотиків, ферментів;
5. не має шкідливого впливу на ґрунт.

Біогумус має зернисту структуру, що допомагає йому не розмиватися під дією води. Біогумус складається з різних речовин: гумус 10-12%, суха

ТС 16510004

Арк

34

органічна речовина 40-60%, N - 0,9-3,0%; P - 1,3-2,5%; K - 1,2-2,5%; Ca - 4,5-8%; Mg - 0,5-2,3%; Fe- 0,5-2,5%; Cu - 3,5-5,1 мг/кг ; Mn - 60-80 мг/кг; Zn - 28-35 мг/кг, рН - 6,8-7,2. Гумінові кислоти надають особливу цінність біогумусу, їх частка в сухій речовині складає від 5,6 до 17,6%. Максимальною дозою внесення біогумусу в ґрунт є 4 т /га.

В Україні та в країнах Заходу біогумус розділяється на три фракції. Кожна з них має свою функцію: найдрібніша застосовується для «лікування» рослин, бо вона легко засвоюється рослинами, сприяє розвитку дрібних корінців; дрібна – для підживлення парникових і городніх культур (квіти, овочі), крупна – у садівництві та рослинництві.

У багатьох країнах (Данія, Німеччина, Індія, Китай) з 1990-х років було проведено ряд випробувань, результати яких показують значне збільшення врожаю при використанні дігестату в якості добрива.

Було підраховано, що використання біогазової технології для переробки органічних речовин дозволяє не лише повністю усунути загрозу навколишньому середовищу, але й щорічно отримувати додаткові 95 млн. т стандартного палива (близько 60 млрд. м³ спалювання метану чи біогазу, 190 млрд. КВт.год.) та понад 140 млн. т високоефективних добрив, що значно знизило б надзвичайно енергоємне виробництво мінеральних добрив (близько 30% всієї електроенергії, що споживається сільським господарством) та допомогло б уникнути вторинного закислення ґрунтів, що часто викликається надлишковим внесенням азотних і фосфорних добрив.

Були проведені дослідження [43] щодо використання гною, посліду та дігестату в різних ґрунто-кліматичних умовах.

Об'єктами досліду були 5 видів дігестату з сільськогосподарських біогазових установок, взятих із різних тваринницьких ферм (3 свинарські господарства, 1 комплекс ВРХ) та одна птахофабрика.

Дігестат № 1. Початковий субстрат: напіврідкий гній ВРХ. Термофільний режим бродіння протягом 14 днів.

ТС 16510004

Арк

35

Вип Арк № докум. Підп. Дат

Дігестат № 2. Початкове середовище: рідкий свинячий гній. Мезофільний режим бродіння протягом 15 днів.

Дігестат № 3. Початкове середовище: рідкий пташиний послід. Термофільний режим бродіння протягом 7 днів.

Дігестат № 4. Початковий субстрат: рідкий свинячий гній. Мезофільний режим бродіння протягом 15 днів.

Дігестат № 5. Початковий субстрат: рідкі стоки свинячого навозу. Мезофільний режим протягом 15 днів.

Ефективність використання початкових субстратів та дігестату як органічних речовин були випробувані на п'яти експериментальних полях, розташованих поблизу біогазової установки.

Умови проведення польових досліджень наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Умови проведення польових досліджень [43]

Показник	Тип ґрунтів	Культура	рН	Вміст у ґрунті:		
				гумус,%	P ₂ O ₅ , мг/100г	K ₂ O, мг/100г
Дослідне поле №1	Дерново-підзолистий суглинок	Озиме жито, кукурудза на силос, картопля	6,0	2,2	14,0	15,0
Дослідне поле №2	Дерново-карбонатний супісок	Озиме жито, райграс, гороховівсяна суміш, картопля	6,2-6,5	3,6	6,2-7,3	22,0-25,0
Дослідне поле №3	Дерново-підзолистий супісок	Ячмінь, буряк ярий	6,1	1,4	25,0	10,0
Дослідне поле №4	Чорнозем південний суглинний	Ярова пшениця, рапс ярий, редька масляна, вівсяна суміш	7,5	2,1	5,5	35,0
Дослідне поле №5	Чорнозем південний малопотужний середньо-суглинний	Ярова пшениця, кукурудза на силос, рапс ярий	6,9	2,7	12,3	29,4

ТС 16510004

Арк

36

Спосіб внесення нативного гною та дигестату є поверхневим, після чого в ґрунт вносять добрива на глибину 16-18 см. Полив багаторічних трав добривами проводять на початку вегетаційного періоду.

Вирощування сільськогосподарських культур - традиційне для відповідних місць для розташування біогазових установок. Збір врожаю проводився місцевим способом. Якість врожаю визначали відповідно до нормативних вимог і стандартів.

Зміна агрохімічних властивостей ґрунту вивчалися традиційними методами. Чисельність у ґрунті аміачних бактерій визначали титруванням на м'ясному пентоновому бульоні; денітрифікуючих бактерій - у рідкому середовищі Гільтая; нітрифікуючих - посівом на водному 2%-ому агарі з амонійно-магнієвою сіллю фосфорної кислоти.

У таблиці 3.3 представлені дані польових досліджень: кількість внесення добрив, врожай у контролі і досвіді.

Таблиця 3.3 - Вплив нативного гною та дигестату на врожайність с/г культур в різних ґрунтово-кліматичних умовах [43]

Місце проведення дослідів	Культура	Внесення добрив, кг/га	Урожайність (контроль), ц/га	Урожайність (дослід). ц/га
1	2	3	4	5
Поле №1	Озиме жито	120	27	27,3
	Кукурудза на силос	300	550	572
	Картопля	200	220	216
Поле №2	Озиме жито	60; 120	30,7; 42,4	29,9; 45,1
	Картопля	120	340	338
	Райграс	200	99,3	90,4
	Горохо-вівсяна суміш	200; 300	125; 144	126; 145
Поле №3	Ячмінь	140	24	25
	Буряк ярий	300	334	337
Поле №4	Ярова пшениця	120	32,5	35,1
	Вівсяна суміш	140	118	128
	Рапс ярий	140	109	125
	Редька масляна	140	109	128
Поле №5	Ярова пшениця	120	40	44,5
	Кукурудза на силос	300	297	330
	Рапс ярий	200	161	174

ТС 16510004

Арк

37

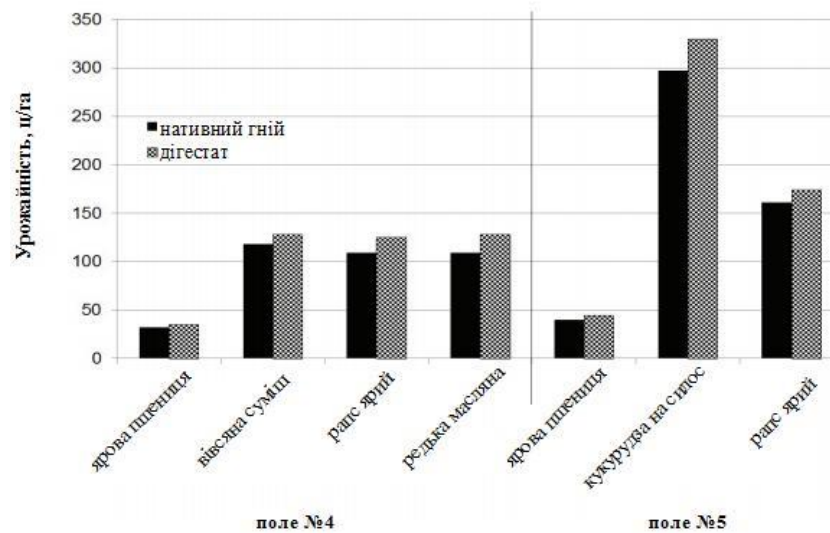


Рисунок 3.2 Порівняння врожайності с/г культур в умовах південних чорноземів [43]

Найбільше збільшення врожаю спостерігалось при вирощуванні редьки на полі № 4 (17,4%). Зростання до контролю на полі №4 становило 8% у ярої пшениці, 8,5% у вівсяної суміші та 14,7% у ярого ріпака. На полі № 5 збільшення врожайності ярого ріпаку становило 8,1%, 11,1% у ярої пшениці та 11,3% для кукурудзи на силос.

Більша ефективність використання дігестату, пов'язана з перебудовою основних видів ґрунтових мікроорганізмів, збільшенням питомої ваги бактерій, що сприяють росту рослин та зменшенню частки грибної мікрофлори, актиноміцетів. У продукції рослинного виробництва було виявлено вміст поживних речовин та елементи, білки клітковини, жири, вітаміни.

У практиці країн світу біодобрива використовуються як в твердій, так і в рідкій формі. Тверду отримують шляхом висушення рідкої фракції, а рідку при виході з біореактора.

Способи внесення рідкої форми в ґрунт відрізняються від твердої.

Перед тим як рідкі біодобрива вносяться безпосередньо на поля, їх змішують в водою у пропорції 1:1, бо висока концентрація фосфору та аміаку може негативно вплинути на рослинний покрив.

ТС 16510004

Арк

39

3.2 Оптимальні періоди для внесення біодобрив

Перед початком внесення біошламу, потрібно потурбуватися про оптимальні умови ґрунту, при яких активізується природна врожайність. Підготовка ґрунту складається з таких процесів: перекопування, розпушування, регулярне зрошування, знищення шкідників та бур'янів, дренаж, аерація.

Під дією різних чинників (сильні вітри, дощі, ерозія) ґрунт поступово позбувається поживних елементів. Якщо не поповнювати регулярно запас корисних речовин, земля може швидко виснажитись.

На ефективність внесення дігестату впливають різні чинники: водний режим, кліматичні умови, тип ґрунту, під які культури вносяться.

Внесені восени біодобрива збільшують врожайність землі, покращують її склад. Вони розкладаються поступово та повільно, тим самим забезпечуючи інтенсивне включання в гумус, хоча проходить великий проміжок часу перед тим, як рослини отримають корисні речовини.

Швидкість переробки дігестату залежить від активності ґрунтових мікроорганізмів. Якщо кожної осені вносити біошлам, то можна значно підвищити якість ґрунту, тому їх обов'язково потрібно вносити [44].

Внесені навесні біодобрива стимулюють розвиток різноманітних культурних рослин. Вони розкладаються швидше, тому рослини раніше отримують поживні сполуки. У весняно-літній період рослини активно розвиваються і їм потрібні корисні елементи, тому від весняного внесення ефлюенту відмовлятися не слід [44].

-						ТС 16510004	Арк
							41
	Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат		

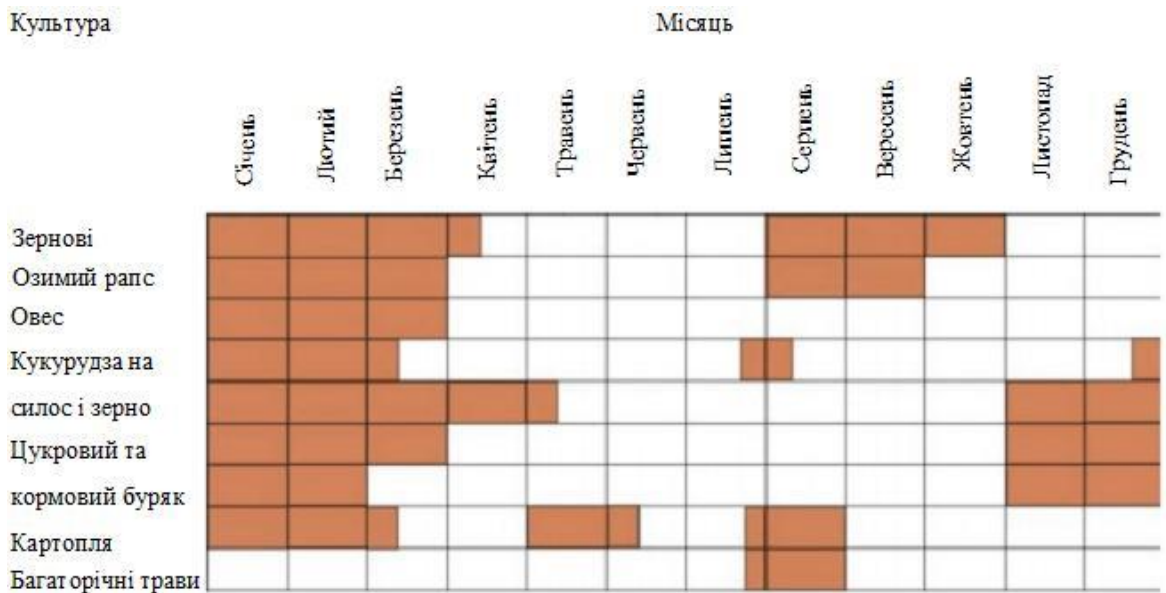


Рисунок 3.3 - Оптимальний період внесення твердих біодобрих [45]

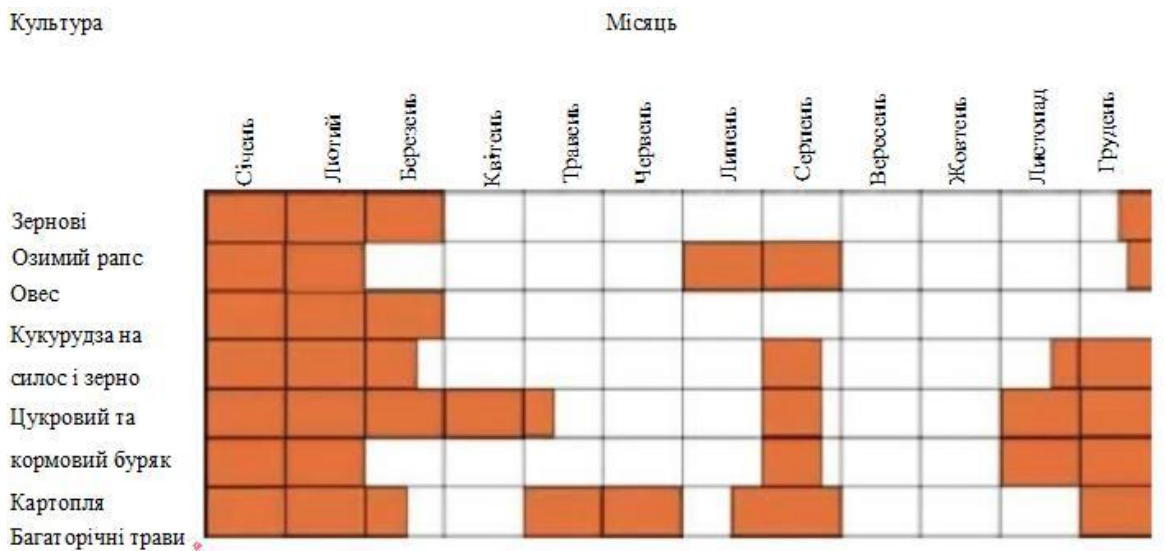


Рисунок 3.4 - Оптимальний період внесення рідких біодобрих [45]

Якщо у ґрунті вологи буде недостатньо, то продуктивність добрив значно зменшується, тому при внесенні останніх потрібно передбачити глибину їх внесення у землю. При достатній вологості біодобриво треба вносити у більшій кількості.

У природних біодобрих є одна дуже корисна властивість: вони врівноважують кислотно-лужний баланс ґрунту, сприяють меншому

виснаженню. Також вони не несуть пагубний вплив на мікроорганізми ґрунту, насичені мікрофлорою, не містять збудників хвороб.

На відміну від мінеральних добрив, які засвоюються лише на 35-50%, біологічні добрива засвоюються майже повністю. Вони не збільшують вміст нітратів у продуктах та ґрунті, зберігаючи високі врожаї.

Як показує практика зарубіжних країн, сільськогосподарські культури збільшуються на 40-50% при використанні твердих біодобрив. Крім того, споживання становить від однієї до п'яти тонн замість 60 тонн свіжого гною на 1 га землі.

Спеціальні ферменти та мікроорганізми, які є в гумусі, сприяють відновленню «мертвих місць ґрунту», забезпечити його високу плодючість та відновити всі функції.

3.3 Способи локального внесення біодобрив

В останні роки як у нашій країні, так і за кордоном, приділяється особлива увага підґрунтовому (або локальному) методу введення туків, проводяться дослідження та пошук проектів по розробці ефективних робочих органів для його впровадження, та створення на їх основі нових обладнань.

Добрива, які були внесені методом розсіювання, при їх закладенні плугом або культиватором, розташовуються у ґрунті нерівномірно. При пошуку живлення рослина змушена витратити енергію мимоволі на формування сильно розгалуженої кореневої системи в поверхневому шарі ґрунту. Це призводить до зменшення приросту надземних органів і зменшенню кількості коренів у більш вологих горизонтах ґрунту. Сухий удобрений шар ґрунту припиняє ріст головного та другорядного коріння, гинуть волоски. Водночас багато частинок добрива, що розсіяні в землі, не потрапляють у контакт з абсорбуючою поверхнею кореня та залишаються невикористаними.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

43

З цих причин метод розкидання дігестату не дає достатньо повного використання рослинами поживних речовин і не гарантує високої віддачі.

Біодобриво, яке вноситься локально, поміщається у ґрунт суцільним шаром, суцільними або пунктирними стрічками. При застосуванні локального внесення добрив, рекомендується застосовувати стрічковий метод одночасно з посівом. Цей спосіб допомагає розташовувати стрічки дігестату на певній відстані від насіння.

За даними багатьох наукових установ, локальне застосування добрив, порівняно з розкидним, підвищує їх ефективність до 20%, при цьому продуктивність зернових збільшується на 2-5 ц / га, показник споживання поживних речовин рослинами виростає на 7-13%.

При локальному введенні потрібно суворо підходити до розрахунку норм відповідно до потреб культурних рослин і специфічних умов ґрунту та клімату.

Дігестат потрібно використовувати на всіх типах ґрунтів, але найбільша користь від нього буде спостерігатись у середньо- і важкосуглинистих ґрунтах.

Суглинки — пухкі відклади, які містять 30-50 % частинок глинистої фракції і 70-50 % уламкуватого матеріалу фракцій крупніших 0,01 мм. Переважно суглинки містять 10-30 % глинистих частинок менших 0,005 мм, які визначають їх пластичність.

Такі ґрунти (суглинисті за механічним складом, мають великий відсоток часточок глини) втримують воду і є нелегкими для механічного оброблення. У процесі оброблення, особливо перезволоженого ґрунту, можуть виникати ущільнення.

Дігестат, внесений до суглинку, в умовах наявності ґрунтової води, буде поступово розкладатися, створюючи необхідні елементи для підживлення рослин; сприяти структуруванню ґрунту, тобто об'єднання ґрунтових фракцій у невеличкі часточки, що покращить повітряний режим; збільшить кількість корисних аеробних мікроорганізмів, за допомогою яких відбувається

прискорення розкладання дігестату і органічних решток, що також підвищить кількість елементів живлення і загальну врожайність.

Двохопераційний спосіб локального внесення добрива займає особливе місце. Полягає в тому, що добриво вноситься стрічкою на поверхню ґрунту або на невелику глибину, потім заорюють плугом. Оранку проводять вздовж стрічок добрив.

Отже, найважливішу роль у підтримці екологічної рівноваги в ґрунті відіграє запас гумусу, який є поживним середовищем для мікроорганізмів, які стимулюють живлення рослин та процеси їх росту. При застосуванні біодобрива можна досягти значного підвищення врожайності та її якості. Пшениця дає врожаю на 15 – 20 % більше, кукурудза – 20 – 30%, картопля до 30%, цукровий буряк до 20%. Біогумус має безліч переваг: підвищує вологостійкість та вологоємність; механічна міцність гранул; не містить насіння бур'янів. Більш висока продуктивність дігестату, як добрива, порівняно з нативним добривом, було відзначено при вирощуванні рослин на південних ґрунтах. Перед початком внесення біошламу, потрібно потурбуватися про оптимальні умови ґрунту, при яких активізується природна врожайність.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

45

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

При проектуванні біогазових установок розробляються заходи безпеки виробничого персоналу під час роботи з приладами, автоматичними і розподільними пристроями відповідно до Державних законів, що забезпечують впровадження Закону України "Про охорону праці".

Оператор, під час автоматизації процесу установки, знаходиться в приміщенні, де відбуваються такі шкідливі фактори: вібрації, шум, забруднене повітря у робочій зоні, пожежонебезпека, електрична небезпека.

Так як БГУ виготовляє не тільки дигестат, а й біогаз, то при експлуатації обладнання необхідно врахувати небезпеку вибуху метану. При змішуванні метану з повітрям у пропорції 5-15% об'єму існує небезпека вибуху. Якщо вентиляція присутня, то газ, у разі протікання, випаровується через неї без єдиних наслідків. Потрібно суворо дотримуватись заходів безпеки, які необхідні для попередження вибухів та пожеж [46].

Біогаз включає в себе такі елементи: сірководень (H_2S), вуглекислий газ (CO_2).

Сірководень спостерігається у невеликих об'ємах, його легко знайти за неприємним запахом, однак його питома вага більша за повітря і він може накопичуватись у поглибленнях. При високій концентрації він притупляє сприйняття запаху у людини, що може призвести до отруєння.

Вуглекислий газ має щільність $1,85 \text{ кг} / \text{м}^3$ і також може нагромаджуватись у виїмках та при негерметичності установки він викликає у працівника задуху [47].

Очищений від цих елементів біогаз призводить до смерті через нестачі кисню. Він має щільність $1.2 \text{ кг} / \text{м}^3$ і схильний до розшарування. При концентрації у повітрі біогазу більше 12 % виникає загроза вибуху.

ТС 16510004

Арк

46

Вип Арк № докум. Підп. Дат

Таблиця 4.1 - Токсична дія сірководню (загальні хімічні показники) [47]

Концентрація в повітрі	Вплив
0,03-0,15 ppm *	Хвиля сприйняття, запах тухлих яєць
15-75 ppm	Роздратування очей, нудота, блювота, головний біль
150-300 ppm Δ 0,015-0,03%	Параліч нервів
> 375 ppm Δ 0,038%	Смерть внаслідок отруєння (через декілька годин)
> 750 ppm Δ 0,075%	Втрата свідомості і смерть від зупинки дихання протягом 30-60 хвилин
Від 1000 ppm Δ 0,1%	Миттєва смерть через параліч органів дихання протягом декількох хвилин

*Ppm = Parts per million (з англ. частинок на мільйон) = 0,0001%.

Вимоги, закони та приписи з техніки безпеки викладені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Документи, що регулюють експлуатацію біогазових установок [47]

Регульовані питання	Закони, розпорядження
1	2
Безпека під час будівництва і експлуатації	1. Закон про безпеку при роботі з обладнанням і на виробництві; 2. Норми з безпеки при роботі з вибуховими речовинами BGR 104, BGR 132; 3. Безпека експлуатації підприємства; 4. Європейські нормативи 94/9 / ЄС; Норми щодо запобігання нещасних випадків і профспілкові вимоги.

ТС 16510004

Арк

47

Продовження табл. 4.2

1	2
<p>Безпека при роботі з технікою на виробництві</p>	<p>1. Закон про безпеку при роботі з технікою і на виробництві, Європейські норми. 2. Норми для роботи з технікою і на виробництві: мінімальні вимоги GPSGV 1 норми при роботі з низькою напругою GPSGV 9; 3. Норми щодо поводження з технікою. GPSGV 11 і 14</p>
<p>Техніка безпеки працівників на робочому місці</p>	<p>1. Закон про захист праці. 2. Норми про безпеку роботи підприємства. 3. Норми про роботу з біоречовинами. 4. Норми щодо запобігання нещасних випадків на робочому місці. 5. Норми потехніці безпеки і збереженню здоров'я</p>

Перелік заходів безпеки включає:

1. Тари для газу повинні бути розташовані на достатній відстані від житлових будинків, складських приміщень та дороги загального користування. Мінімумально допустимі відстані від будівель з м'яким покриттям є 10 м; від будинків із твердим покриттям - 5 м.

2. Забороняється палити чи запалювати вогонь біля газових балонів (у радіусі 10 м). Встановлюють спеціальні таблички з відповідними написами.

3. Регулярна перевірка рівня води в балоні газгольдера циліндричного типу. Взимку потрібно запобігати утворенню крижаної кірки. Ремонт резервуарів та трубопроводів проводяться лише фахівцями.

-	
-	

4. Запобігання викидів метану та змішування його з повітрям у обмежених приміщеннях полягає в герметичності газових труб та вентиляції з виходом повітря назовні.

5. Вогнегасники встановлюються на видному місці біля прилеглих газопроводів, які розташовуються поблизу газоспалювального обладнання.

6. Забезпечення належної вентиляції в зоні газопроводів.

7. Встановлення вентиляційного отвору під стелею приміщення, щоб забезпечити вихід газу.

8. Прокладення газопроводу з позитивним або зворотним ухилом при включеному пристрої.

9. Захист газопроводів, вогнегасників від замерзання, що може призвести до збільшення тиску в метантенку.

10. Видалення всіх потенційних джерел займання вогню з біогазової установки та зони газопроводів.

11. Повинні бути резервуари для зберігання газу з розрахованим тиском на 170 кг / см².

12. Газопроводи повинні піддаватися перевірці на непроникність, мають бути корозійностійкими та виготовлятися з нержавіючої сталі.

13. Сепаратори для конденсату та запобіжні пристрої мають знаходитись у доступному місці.

Так як на біогазових установках працюють люди, то для них також є певні правила та вимоги:

1. працівник повинен працювати лише на своєму постійному місці
2. робоче місце не повинне містити сторонніх речей і предметів
3. дотримання правил мікробіологічної безпеки при роботі з мікроорганізмами
4. предмети, які були у взаємодії із мікроорганізмами повинні обов'язково проходити дезінфекцію, спалювання або знезараження
5. на місці роботи забороняється курити, споживати напої та їжу.

ТС 16510004

Арк

49

Вип Арк № докум. Підп. Дат

ВИСНОВКИ

Реформування агропромислового комплексу та перехід до функціонування на засадах сталого (екологічного) розвитку, використання безвідходних технологій, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище - важливе питання сучасності.

Достатньо актуальним є пошук ефективних, дешевих та доступних методів переробки відходів тваринництва, бо захист навколишнього середовища в сільській місцевості та зоні діяльності тваринницьких об'єктів проблемний через недостатню реалізацію екологічних і економічних аспектів утилізації гнойових відходів з їх переробкою та подальшим використанням біогазу та добрив.

Органічні відходи часто стають джерелом забруднення повітря, води, ґрунту, небезпечним фактором захворювань тварин та людини, стають причиною евтрофікації водойм. Забруднення повітря аміаком, сірководнем та іншими леткими з'єднаннями простягаються на відстані 3-5 км, одночасно гній і гнойові стоки створюють загрозу через можливість поширення інфекційних захворювань та гельмінтозів. Одним із способів вирішення проблем, пов'язаних із підвищенням екологічної безпеки тваринництва є анаеробне зброджування гною та гнойових стоків і подальша утилізація їх із використанням в якості добрив. Окрім того, сучасна проблема виснаження викопних палив та необхідність хоча б часткового заміщення їх на відновні, зокрема можливість при зброджуванні органічних решток отримувати біогаз, набуває важливого значення.

Процес комплексної переробки гною одночасно має три переваги: отримання енергії з біогазу, поліпшення екологічної ситуації навколо тваринницьких ферм, отримання екологічно чистих та агрономічно-ефективних добрив.

ТС 16510004

Арк

51

Гумінові матеріали, що утворюються під час бродіння в метантенку, покращують фізичні властивості ґрунту: аерацію, утримання води та інфільтрацію ґрунту, а також швидкість обміну катіонів.

Більша ефективність використання дігестату, пов'язана з перебудовою основних видів ґрунтових мікроорганізмів, збільшенням питомої ваги бактерій, що сприяють росту рослин та зменшенню частки грибної мікрофлори, актиноміцетів. У продукції рослинного виробництва було виявлено вміст поживних речовин та елементи, білки клітковини, жири, вітаміни.

Збагачення ґрунту органічними речовинами - головна особливість дігестату. Органічні речовини дігестату, які не були розкладені мікроорганізмами в ґрунті, можуть перетворюватися на гумус, збільшуючи поглинаючий комплекс і за рахунок цього забезпечується більша стабільність посівів за несприятливих погодних умов.

У природних біодобрив є одна дуже корисна властивість: вони врівноважують кислотно-лужний баланс ґрунту, сприяють меншому виснаженню. Також вони не несуть пагубний вплив на мікроорганізми ґрунту, насичені мікрофлорою, не містять збудників хвороб.

На відміну від мінеральних добрив, які засвоюються лише на 35-50%, біологічні добрива засвоюються майже повністю. Вони не збільшують вміст нітратів у продуктах та ґрунті, зберігаючи високі врожаї.

При проектуванні біогазових установок розробляються заходи безпеки виробничого персоналу під час роботи з приладами, автоматичними і розподільними пристроями.

Перед початком роботи біогазова установка проходить експертний висновок. Орган, який надає дозвіл на запуск БГУ повинен отримати документ про перевірку щодо стійкості використаного матеріалу. Важливим є і наявність протоколу, який свідчить про те, що газопроводи відповідають усім вимогам та правилам технічної безпеки та те, що електричне устаткування також відповідає вимогам безпечної експлуатації.

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

53

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. . Иванов, А. В. Диоксины: санитарно токсикологические аспекты / А. В. Иванов// Актуальные проблемы ветеринарной фармакологии, токсикологии и фармации: материалы 3 съезда фармакологов и токсикологов России. - СПб, 2011. - С. 191 – 197
2. Тюрин, В. Птичий помет: органическое удобрение или причина инфекций? / В. Тюрин, Г. Мысова, К. Бирюков (и др.) // АгроРынок. – 2012. № 4. – С. 26-27.
3. . Клеева, Н. А. Экологическая оценка разложения пухо-перовых остатков в серых лесных почвах: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Клеева Н. А. – М., - 2010. – 163 с.
4. . Гудкова, Л.К. Получение органических удобрений путем анаэробного сбраживания отходов сельскохозяйственного производства / Л.К. Гудкова, В.Ф. Пуляев, Т.В. Старченко // Аграрная энергетика в XXI столетии: материалы 3-й Междунар. научно-технич. конф., Минск, 21–23 ноября 2005 г. / НАН Беларуси, Ин-т энергетики АПК НАН Беларуси; редкол.: В.И. Русан [и др.]. – Минск, 2005. –С. 255–258.
5. Самосюк, В.Г. Биогазовые технологии в Беларуси: состояние и перспективы / В.Г. Самосюк, Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский // Мех-ция и электр-ция сельск. хоз-ва: межведомст. тематич. сб. / НАН Беларуси, Научно-практич.центр НАН Беларуси по мех-ции сельск. хоз-ва. – Минск, 2011. – Вып. 45. – С. 234–240.
6. Скляр О.Г. Напрями використання органічних ресурсів у тваринництві / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Т.5. – С. 210 – 218.
- 7.Дубровский В.С., Виестур У.Э. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов.- Рига: Зинатне, 1988. -204с.
8. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц. - М.: Zorg Biogas, 2008. – 224 с

ТС 16510004

Арк

54

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат
-----	-----	----------	-------	-----

9. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер. – М: Колос, 2011. – 125 с.

10. Ю. М. Садова, А. О. Дичко Отримання біогазу шляхом інтенсифікації біологічного очищення стічних вод від екологічно небезпечних забруднювачів// Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Збірник наукових праць. — 2012, №1.1

11. Фасхутдинов, Т.В. Повышение эффективности биогазовой установки // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – №3. – 2010. – С. 32.

12. Del Borghi, A. Hydrolysis and thermophilic anaerobic digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal soil waste [Text] / A. Del Borghi, A. Converti, E. Palazzi, M. Del Borghi // Bioprocess Engineering. – 1999. – Vol. 20, Issue 6. – P. 553–560. doi: 10.1007/s004490050628

13. Несмелова, Н.Н. Многомерные методы исследования биологических систем / Н.Н. Несмелова, Е.Г. Незнамова, Г.В. Смирнов. - Томск: ТУСУР, 2007. – 178 с.

14. Бобылев, С. Л. Биогаз – топливо будущего / С.Л. Бобылев, А.В. Пермяков// Сборник научных трудов V-й ежегодной научно-практической конференции «Университетская наука - региону» Молодая наука-2017 – 2017. – С. 35-37.

15. Marchain, U. Biogas process for sustainable development. In: FAO Agricultural Service Bulletin 9–5. Food and Agricultural Organization / U. Marchain. –Rome, Italy. – 1992. 25.

16. Оліферчук, В. П. Отримання біогазу шляхом анаеробного збродження осадів стічних вод на каналізаційних очисних спорудах [Текст] / В. П. Оліферчук, М. Т. Матвієнко // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Т. 22, № 11. – С. 114–118.

17. Шаманський, С. Й. Енергоефективна та екологічно безпечна технологія стабілізації осадів стічних вод авіа-підприємств / С. Й. Шаманський,

ТС 16510004

Арк

55

С. В. Бойченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Т. 5, № 8 (77). – С. 39–45. doi: 10.15587/1729-4061.2015.52264

18. Данилович, Д. А. Влияние предварительной обработки осадков сточных вод на полноту протекания процесса метанового сбраживания / Д. А. Данилович, М. Н. Козлов, М. В. Кевбрина, Д. В. Гусев // Вода: технологии, материалы, оборудование, экология. – 2009. – № 2. – С. 24–26.

19. Balasubramanian, P.R. Biogas plant effluent as an organic fertilizer in monosex, monoculture of fish (*Oreochromis mossambicus*) / P.R. Balasubramanian // Bioresource technology. – 1996. – Vol. 55 (2). – P. 119–124.

20. Использование биогазовых энергетических установок в АПК / В.А. Занкевич [и др.] // Инновационные технологии в производстве и переработке сельско-хоз. продукции: доклады Междунар. науч.-практич. конф., 14–15 апреля 2011 г.: в 2 ч. / Мин-во сельск. хоз-ва и продовольствия Республики Беларусь, Белор. гос. аграр. технич. ун-т, БРФФИ. – Минск, 2011. – Ч. 1. – С. 91–93.

21. Macadi, M. Digestate: A New Nutrient Source – Review / M. Macadi // Biogas; ed. By S. Kumar. – Croatia: InTech, 2012. – P. 295–310

22. Abubaker, J. Biogas residues as fertilisers – effects on wheat growth and soil microbial activities / J. Abubaker // Applied Energy. – 2012. – Vol. 99. – P. 126–134.

23. Tiwari, V.N. Effect of crop residues and biogas slurry incorporation in wheat on yield and soil fertility / V.N. Tiwari, K.N. Tiwari, R.M. Upadhyay // J. Indian Soc. Soil Sci. – 2000. – Vol. 48. – P. 515–520.

24. . What is digestate? / A. Schievano [et al.] // Anaerobic Digestion: Opportunities for Agriculture and Environment, Milano, January 24–25, 2008 / Regione Lombardia, Università degli studi di Milano: Ed. by F. Adani, A. Schievano, G. Bossalini. – Italy, 2009. – P. 7–18.

25. Al Seadi, T. Quality management of digestate from biogas plants used as fertilizer // T. Al Seadi, C.T. Lukehurst. – IEA Bioenergy, 2012. – 38 p.

ТС 16510004

Арк

56

26. Чернышов, А.А. Совершенствование биогазовых установок для производства удобрений из навоза КРС: автореф. ... дис. канд. технич. наук: 05.20.01 / А.А. Чернышов; ГНУ ВИЭСХ. – М., 2004. – 27 с

27. Качественные изменения экологических показателей навозных стоков в результате анаэробного сбраживания / Н.Ф. Капустин [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 21–22 октября 2009 г. / НАН Беларуси, Научно-практический НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2009. –Т. 2. – С. 46–49.

28. Каминский, А.В. Ветеринарно-гигиеническая оценка навоза, переработанного в биогазовой установке / А.В. Каминский, С.С. Липницкий, М.П. Кучинский // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: сб. науч. трудов / Гродненский гос. аграрный ун-т. – Гродно, 2004. – Т.3. – Ч. 3: Ветеринарные науки. – С. 102–104

29. Биоудобрения - основа улучшения качества сельскохозяйственной продукции: [Электрон. ресурс].– Режим доступа:<http://www.zorgbiogas.ru>.

30. Якушко С.І. Установка комплексної переробки органічних відходів за енергозберігаючою технологією/ С.І. Якушко, С.М. Яхненко//Вісник «СумДу». - 2006. - №12(96)

31. Дубровський В.С. Метановое сбраживание сельскохозйственных отходов/ В.С. Дубровський, У.Е. Виестур. - Рига: Зинатне, - 1988. - 204с.

32. Топілін Г.Є., Уминський С.М., Інютін С.В. Принципи одержання біогазу і добрив з органічних відходів агровиробництва. - Аграрний вісник Причорномор'я, збірник наукових праць, Технічні науки. Вип. 48. Одеса, 2009-196 с.С.104-109.

33. Уминський С.М. Використання гідродинамічного обладнання для технологічних процесів виготовлення рідких кормів - Аграрний вісник Причорномор'я, збірник наукових праць, Технічні науки. Вип. 63. Одеса, 2012- 196 с. С.113-121.

ТС 16510004

Арк

57

34. Шувар І.А. Екологічні основи збалансованого природококистування: навч. посіб. / І. А. Шувар, В. В. Снітинський, В. В. Бальковський. Чернівці: Книги-XXI. – 2011. – 760 с.

35. Черниш, Є. Ю. Шляхи інтенсифікації анаеробної переробки осадів стічних вод [Текст]: мат. міжн. наук.-пр. конф. / Є. Ю. Черниш, Л. Д. Пляцук. – К.: КНУБА, 2011. – С. 153–155.

36. Kuznetsov IN, Ruchaj NS. Obtaining protein-containing fodder additive for complex processing of distillery spent wash. Agriculture – Problems and Perspectives. 2012;18:156-65.

37. Khyzhnyak MI, Ts'on' NI. Distillery spent wash as a valuable feed additive and organic fertilizer in agriculture. Fisheries Science of Ukraine. 2010;2:122-30

38. Pathe P, Rao N, Kharwade M, Lakhe S, Kaul S. Performance evaluation of a full scale effluent treatment plant for distillery spent wash. Int J Environ Stud. 2002;59(4):415-438. DOI: 10.1080/00207230212743

39. Енергоавтономність виробництва на основі біологічних видів палива / В. М.Молодик, Г. А. Голуб, В. О. Лук'янець [та ін.] // Вісн. аграр. науки. – 2008. – № 11. – С.39–44

40. Liu, W., Yang, Q., Du, L., Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: feasibility and benefit analysis. Renew. Agr. Food Syst. 2009, 24, 300–307.

41. Сокрут О. В., Чернявський С. Є., Використання різних компонентів органічної сировини для біогазових установок, 2014. – 5 с.

42. Reinhold, J Einordnung von Komposten in die „Gute fachliche Dündungs praxis" unterbesonderer berucksichtigung der Humusversorgung landwirtschaftlicher Boden, Rostok VDLUFA 2004, S116.

43. Тарасов С.И., Ковалев Д.А., Караева Ю.В. Применение эффлюэнта биогазовой установки в качестве удобрения для органического земледелия DOI 10.18286/1816-4501-2018-3-91-97

ТС 16510004

Арк

58

44. Жмакин М. С. Все об удобрении / М. С. Жмакин. – М.: РИПОЛ классик, 2011. – 256 с.: ил. : табл. – (Четыре сезона) – с. 62-63

45. Kuratorium fur Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Die neue Düngeverordnung, HRSG: AID-Infomdienst e.V., Heft Nr. 2007, 64 S.

46. Технология использования биомассы в биогазовых установках // Т. Амон, Б. Амон, В. Дубровин и др. // Зб.наук. праць НАУ. – 2003. - №60. – С.18

47. Адаменко А.И., Голодный И.М., Сокольников Л.И Замкнутая система вентиляции и нетрадиционные источники энергии // Сельскохозяйственная теплоэнергетика. - М., 1992. – С.36-37

-	
-	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дат

ТС 16510004

Арк

59