

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

« ____ » _____ 20__ р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Екологічний вплив технології переробки сільськогосподарських
відходів у приватному акціонерному товаристві «Миронівська
птахофабрика»»

Виконала: здобувачка вищої освіти 4 курсу,

групи Е-1-20 спеціальності 101 «Екологія»

_____ Засуха М. А.

Керівник _____ к.с.-г.н. доцент Зленко І. Б.

Рецензент _____ ст.н.с., вет. н. Маршалкіна Т. В.

Дніпро-2024

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

Спеціальність 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

В.о.зав. кафедри екології

к.с.-г.н. _____ В.В. Кацевич

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

здобувачу вищої освіти

Засуха Максиму Анатолійовичу

1. Тема проекту (роботи) Екологічний вплив технології переробки сільськогосподарських відходів у приватному акціонерному товаристві «Миронівська птахофабрика»

керівник роботи: доц. к. с-г. н. Зленко Ірина Борисівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по ДДАЕУ від «25» квітня 2024 р. № 868.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченого проекту (роботи): «__» _____ 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Зразки пташиного посліду, продукту переробки посліду рідкі, ґрунту відібрані »

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ; 1 Огляд літератури; 2 Матеріали та методи досліджень; 3 Результати досліджень; 4 Охорона праці; Висновок; Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 7

Таблиць – 6

Використаної літератури – 54

Розділів – 4

Сторінок –72

6. Консультанти по проекту (роботі), із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Зленко І. Б.		

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту (роботи) Зленко Ірина Борисівна / _____
(ПІБ). / (підпис)

Завдання прийняв до виконання: Засуха Максим Анатолійович / _____
(ПІБ). / (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

- № пп	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	09.04.24-15.04.24	виконано
2	Матеріали та методи досліджень	09.10.23-13.11.23	виконано
3	Результати досліджень	15.01.24-30.03.24	виконано
4	Охорона праці	30.04.24-05.05.24	виконано
5	Висновок	06.05.24-06.05.24	виконано

Студент-дипломник _____ / Засуха Максим Анатолійович

(підпис) / (ПІБ).

Керівник проекту (роботи) _____ / Зленко Ірина Борисівна
(підпис) / (ПІБ).

РЕФЕРАТ

Б робота складається з 72 сторінок та включає в себе 6 табл., 7 рис., 54 джерел.

Актуальність: проблеми переробки відходів птахофабрик у сучасному сільському господарстві є надзвичайно важливою. Птахівництво є однією з найбільш динамічно розвиваючихся галузей аграрного сектору, яка водночас генерує значну кількість відходів, зокрема пташиний послід.

Мета: Дослідити ефективність розробки та впровадження ефективних методів переробки пташиного посліду. Предмет досліджень – Продукт біометанового збродження рідкий .

Об'єкт досліджень: відходи виробництва приватного акціонерного товариства «Миронівська птахофабрика».

Поставлені завдання: Провести аналітичне дослідження безпеки використання продукту біометанового бродиння у якості добрива. Методи досліджень: Метод біотестування, метод фенологічних спостережень, метод оцінки якості ґрунту ґрунту.

Ключові слова: ВІДХОДИ, ПТАШИНИЙ ПОСЛІД, ПРОДУКТ БІОМЕТАНОВОГО ЗБРОДЖЕННЯ, БІОТЕСТУВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПТАХОФАБРИК ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ЯКОСТІ ДОБРИВА (Огляд літератури)	8
1.1 Відомості про відходи у процесі виробництва птахофабрик	8
1.2 Значення переробки відходів птахофабрик у сучасному сільському господарстві)	10
1.3 Способи переробки пташиного посліду	12
1.4 Світовий досвід використання відходів птахофабрик як добрива ...	15
1.5 Способи використання пташиного посліду у рослинництві	17
1.6 Аналіз циклу отримання біогазу в процесі переробки пташиного посліду.	18
1.7 Токсикологічний вплив використання залишкового продукту біометанового бродіння	20
.	
1.8 Гумінові кислоти в отриманих продуктах анаеробного зброджування	22
1.9 Переваги методу біотестування для визначення впливу технологій переробки сільськогосподарських відходів птахофабрик.	23
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Місце проведення досліджень	27
2.2 Етапи вирощування продукції на птахофабриці.	31
2.3 Транспортування та зберігання біомаси.	33
.	
2.4 Технологічний процес отримання рідкої біомаси.	34
2.5 Методи досліджень біотестування.	36
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ	39
.	
3.1 Біотестування проміжного продукту біометанового бродіння на тестових культурах	39
3.2 Оцінка надходження токсичних речовин у ґрунт	49
.	
3.3 Потенційні економічні переваги проведення біодіагностики на тестових культурах	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	56
4.1 Заходи безпеки при відборі проб рідкої біомаси	56
4.2 Екологічна безпека при використанні продуктів біометанового бродіння	57
4.3 Заходи безпеки при роботі в лабораторії	59

4.4 Оцінка потенційних ризиків при проведенні біотестування в лабораторних умовах	61
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67

ВСТУП

Актуальність проблеми переробки відходів птахофабрик у сучасному сільському господарстві є надзвичайно важливою. Птахівництво є однією з найбільш динамічно розвиваючихся галузей аграрного сектору, яка водночас генерує значну кількість відходів, зокрема пташиний послід. Пташиний послід містить велику кількість поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій та інші мікроелементи, що робить його цінним ресурсом для аграрної галузі. Однак, неправильна утилізація цих відходів може призвести до значних екологічних проблем, таких як забруднення ґрунтів, водних ресурсів та повітря токсичними речовинами і патогенами.

Важливість обраної теми дослідження полягає в необхідності розробки та впровадження ефективних методів переробки пташиного посліду. Вирішення цієї проблеми сприятиме зменшенню негативного впливу птахівництва на навколишнє середовище, підвищенню екологічної безпеки та стійкості аграрного виробництва. Переробка відходів птахофабрик, зокрема шляхом компостування, анаеробного зброджування та інших технологій, дозволяє не тільки мінімізувати екологічні ризики, але й отримати додаткові економічні вигоди у вигляді виробництва біогазу, високоякісних органічних добрив та відновлюваних енергетичних ресурсів.

Це дослідження має велике значення як для навколишнього середовища, так і для аграрного сектору. Впровадження сучасних технологій переробки відходів допоможе покращити екологічний стан територій, прилеглих до птахофабрик, знизити викиди парникових газів, запобігти забрудненню водних об'єктів та підвищити родючість ґрунтів. Таким чином, результати цього дослідження можуть сприяти сталому розвитку аграрного сектору, зменшенню залежності від хімічних добрив та підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва в цілому.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ПТАХОФАБРИК ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У ЯКОСТІ ДОБРИВА (Огляд літератури).

1.1 Відомості про відходи у процесі виробництва птахофабрик

Сучасне птахівництво є однією з найдинамічніших галузей сільського господарства, забезпечуючи населення важливими джерелами білка у вигляді м'яса та яєць. Проте, разом з виробництвом продукції, птахофабрики стикаються з серйозною проблемою відходів, зокрема, пташиного посліду. Правильне управління цими відходами має важливе значення для збереження екологічного балансу та забезпечення стійкості галузі [1].

Утилізація відходів від птахів є однією з найбільш актуальних екологічних проблем у світі, а вирішення цієї проблеми є пріоритетним завданням для сільського господарства України [2].

Найбільшу частку серед відходів птахофабрик становить послід, який за класифікатором відходів ДК 005-96 віднесено до III класу небезпеки. За даними Державної служби статистики України, на 1 листопада 2021 року загальна кількість птахів у господарствах всіх категорій становила 226932,2 тис. голів [3]. У нашій країні діють 385 підприємств з вирощування свійської птиці, які щорічно виробляють 8785,6 млн. яєць і 1628,6 тис. тонн м'яса [4]. Пташині підприємства та господарства населення щоденно накопичують послід. Відновлення посліду птахів стало складною проблемою через потребу в серйозних фінансових витратах.

Світова економічна криза суттєво вплинула на агропромислове виробництво в Україні, що спричинило лише 15% збільшення поголів'я птахів від 2010 до 2020 року. Згідно з інформацією Державної служби

статистики України, станом на 1 листопада 2021 року загальна кількість птахів у господарствах всіх категорій склала 226,9 мільйонів голів, з яких 119,8 мільйонів голів перебувають у сільськогосподарських підприємствах, а решта у фермерських та селянських господарствах населення [5]. В Україні діє близько 400 підприємств з розведення домашньої птиці, на яких формується значна кількість рідкого (з вологістю 95-96%) та твердого (з вологістю 65-76%) посліду. Середня денна вибірка посліду з однієї особини становить 50-150 грамів. Прості розрахунки показують, що маса посліду, отриманого від птиці, значно перевищує масу основної продукції, такої як м'ясо та яйця [6]. Якщо від однієї курки-несучки за рік отримують 250-300 яєць (масою 15-18 кг), то за той самий період вона виділяє 55-73 кг посліду з вологістю 65-75%. Від бройлерів додатково утворюється 3 кг посліду на кожен кілограм отриманого м'яса [7].

Накопичення великої кількості пташиного посліду становить серйозну загрозу забруднення довкілля та негативно впливає на здоров'я людей, які проживають поблизу птахофабрик. Несвоєчасна переробка органічних відходів птахівництва також сприяє цій проблемі. Оскільки жоден із відомих методів переробки посліду не є повністю виправданим з екологічної або економічної точки зору, існує гостра потреба в удосконаленні існуючих або розробці нових технологій утилізації органічних відходів. За статистичними даними, у 2022 році в Україні пташиний послід складав майже п'яту частину (1041,3 тис. т.) або 18% від загальної кількості сільськогосподарських відходів (5782,4 тис. т.) [8].

Найдешевшим і найпростішим способом утилізації пташиного посліду є внесення його в ґрунт без попередньої переробки [9]. Проте, така технологія спричиняє ряд проблем:

- 1) Значні витрати на перевезення та внесення великої маси відходів;
- 2) Недотримання норм внесення органічних відходів;
- 3) Зараження ґрунту, поверхневих і підземних вод інфекційними та токсичними речовинами;

4) Накопичення нітратів, міді та цинку в рослинах і водних джерелах/

Через ці причини досвідчені агрономи рідко використовують цей метод утилізації. Пташиний послід також є джерелом неприємних запахів, виділень аміаку та сірководню, а також може містити насіння бур'янів і яйця гельмінтів. Крім того, він може містити антибіотики, солі важких металів, радіонукліди, залишки пестицидів та інші токсичні речовини, залежно від умов утримання птиці. Розробники повинні вирішити проблеми, пов'язані з усуненням неприємного запаху, забрудненням водних об'єктів стоками з пометосховищ та забрудненням атмосфери [10].

1.2 Значення переробки відходів птахофабрик у сучасному сільському господарстві

На сьогодні в Україні вдосконаленням механізмів переробки відходів займаються такі вчені, як В. Г. Смоляр, Г. Г. Гелетуха, Є. М. Кузьмінський, а також низка науково-виробничих об'єднань. Серед них значний науковий внесок роблять НТЦ «Біомаса» та ТОВ НВО «Технології майбутнього» [11].

Переробка відходів птахофабрик має велике значення в сучасному сільському господарстві, оскільки вона сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню сталого розвитку галузі. Одним з основних відходів птахофабрик є пташиний послід, який містить значну кількість поживних речовин, таких як азот, фосфор, калій та інші мікроелементи. Правильна утилізація та переробка цього ресурсу може забезпечити додаткові економічні вигоди та зменшити екологічні ризики [12].

Переробка відходів птахофабрик включає кілька основних методів, серед яких компостування, анаеробне зброджування, сушка та гранулювання, а також спалювання. Компостування дозволяє отримати високоякісне

органічне добриво, яке можна використовувати для поліпшення родючості ґрунтів та зниження потреби в хімічних добривах. Анаеробне зброджування, у свою чергу, сприяє виробництву біогазу, який є відновлюваним енергетичним ресурсом, а також забезпечує отримання органічного залишку, придатного для використання як добриво. Сушка та гранулювання дозволяють створювати стабільний продукт, який легко транспортується та зберігається, а спалювання забезпечує виробництво теплової енергії.

Ефективна переробка відходів птахофабрик має також важливе значення для зменшення забруднення водних ресурсів та повітря. Несвоєчасна або неправильна утилізація пташиного посліду може призвести до зараження ґрунту, поверхневих та підземних вод інфекційними та токсичними речовинами, а також до виділення парникових газів, таких як аміак та метан. Впровадження сучасних технологій переробки дозволяє знизити ці ризики та покращити екологічний стан територій, прилеглих до птахофабрик [13].

Крім того, переробка відходів птахофабрик сприяє підвищенню економічної ефективності господарства. Використання отриманих у процесі переробки продуктів, таких як органічні добрива та біогаз, дозволяє знизити витрати на закупівлю хімічних добрив та енергетичних ресурсів. Це, в свою чергу, сприяє зниженню собівартості продукції та підвищенню конкурентоспроможності господарств .

У сучасних умовах важливо також враховувати соціальні аспекти переробки відходів птахофабрик. Зменшення забруднення довкілля та покращення екологічної ситуації сприяють підвищенню якості життя населення, зниженню захворюваності та покращенню санітарно-гігієнічних умов. Впровадження ефективних методів переробки відходів також створює нові робочі місця та сприяє розвитку місцевої економіки [14].

Переробка відходів птахофабрик стає важливим напрямом розвитку сучасного сільського господарства, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, підвищенню економічної ефективності

виробництва та забезпеченню сталого розвитку галузі. Впровадження нових технологій та вдосконалення існуючих методів утилізації відходів мають стати пріоритетними завданнями для науковців, агрономів та виробників, що прагнуть досягти високих результатів у своїй діяльності [15].

1.3 Способи переробки пташиного посліду

Відомо декілька способів переробки пташиного посліду та органічних відходів. Серед них метанове зброджування для отримання біогазу, тривале компостування для одержання органічних добрив, змішування з різними наповнювачами для покращення властивостей добрив, а також хімічна обробка посліду. Крім того, широко використовується термічне висушування посліду за різних температурних режимів. Також застосовуються методи переробки посліду за допомогою комах та черв'яків [16].

Метанове зброджування для отримання біогазу це процес під час якого біомаса перетворюється на енергію. Під час біометаногенезу складні органічні субстрати різного походження розкладаються за участю мікроорганізмів, що призводить до утворення біогазу. Цей біогаз складається з приблизно 65-75% метану, 20-35% вуглекислого газу, а також містить невеликі кількості сірководню, азоту і водню.

Відходи птахофабрик піддаються метановому зброджуванню у біогазових установках. Цей мікробіологічний процес розкладу органічних сполук в анаеробних умовах відбувається під дією комплексу бактерій і супроводжується утворенням біогазу [17].

Вміст метану визначає енергетичну цінність біогазу. Зброджування посліду від курей (несучок, курчат і бройлерів), отриманого при клітковому утриманні, дає вихід біогазу приблизно 140 м³ на тонну відходів. Послід з підстилкою, який видаляють з пташника кожні 35-40 днів, має менший вихід

біогазу (приблизно 80 м³ на тонну), що зумовлено високим вмістом лігніну, який не піддається зброджуванню [18]. Сучасні технологічні лінії анаеробної переробки посліду включають шість стадій.

На першій стадії послід поміщають у герметичну приймальну посудину, об'єм якої відповідає добовій дозі завантаження метантенка. Після цього його підігривають до температури зброджування і залишають протягом доби. На цьому етапі за участю гідролітичних ферментів бактерій починаються процеси гідролізу складних органічних сполук.

Далі, на другій стадії, сировину направляють у «якісне зброджування» у метантенк, який обладнаний системою для відведення біогазу. Отриманий зброджений рідкий залишок використовують у сільському господарстві як високоякісне добриво. Цей залишок позбавлений різкого запаху, патогенних мікроорганізмів, гельмінтів і насіння бур'янів, і містить значні кількості біогенних елементів у доступних для рослин хімічних формах. Наприклад, при 15% вологості вміст основних макроелементів у залишку такий: азоту - 8-12% від СОР, фосфору - 8-10%, калію - 2-4%. У процесі зброджування у субстраті активізуються бактерії *Bacillus pumilus* і *Staphylococcus hominis*, які можуть пригнічувати ріст фітопатогенних грибів таких родів, як *Fusarium*, *Bipolaris* і *Sclerotinia*.

Деякі види бактерій *Bacillus* накопичуються в ризосфері рослин і через процес хелатизації мінеральних солей допомагають у видаленні «йонної блокади» кореня, яка може виникати внаслідок зайвого накопичення йонів у ґрунтового розчині. Крім того, бактерії роду *Bacillus* мають здатність стимулювати ріст рослин [19].

Консорціум бактерій, що здійснює анаеробне зброджування, збагачує зброджений залишок гуміновими сполуками, вітамінами групи В та іншими біологічно активними речовинами. На третій стадії зброджений залишок розділяють на рідку фракцію з вологістю 98-99% і тверду органічну фракцію за допомогою спеціальних сепараторних пристроїв. Четверта стадія включає виготовлення гранульованих органічних добрив на шнековому пресі зі

збірною матрицею. В результаті отримують гранули з вологістю 50%, щільністю не менше 1255 кг/м³, які відповідають стандартам на гранульовані органічні добрива за розміром, міцністю та крихкістю.

П'ята стадія - висушування гранульованих добрив, під час якого гранули нагрівають до 70-80°C, знижуючи вологість до 40%. Для досягнення товарного стану з вологістю 10-15% застосовують низькотемпературне висушування, що здійснюється з використанням теплогенератора на біогазі, що значно зменшує енерговитрати. Шоста стадія - отримання білково-вітамінного концентрату з рідкої фракції зброженого залишку, який збагачується бактеріальними протеїнами і вітаміном В₁₂.

Метанове збродження різноманітних субстратів виконують при термофільному режимі з оптимальною температурою +55-57°C або мезофільному режимі з оптимальною температурою +35-37°C. В кожному випадку застосовуються спеціфічні консорціуми бактерій, що активно здійснюють процес збродження. Деякі експерти вважають можливим комбінувати термофільний і мезофільний режими на різних етапах збродження для збільшення вироблення метану. Наприклад, гідролітичну стадію можна проводити при термофільному режимі, а метаногенну – при мезофільному, що сприяє інтенсифікації процесу синтезу метану [20].

Температурна оптимальна зона для мезофільних і термофільних штамів бактерій знаходиться між 40-45°C. Відходи птахівництва є природнім субстратом, який містить багато гідролітичних бактерій. Цей факт використовується у технологічних процесах, щодобово вводячи до середовища збродження 3-6% гною птахів.

Оптимальний рН середовища для метанового збродження становить 7-8,5. Середовище з рН нижче 5 пригнічує ріст метаногенних мікроорганізмів. Закислення середовища може виникати через накопичення летких жирних кислот, що є обмежувальним фактором метанового збродження [21].

Для розвитку метаногенних бактерій важливим є ефективний перебіг процесів гідролітичної фази, при цьому в середовищі накопичується значна кількість водню. Метанове зброджування також пригнічує надлишок аміаку (NH₃), утвореного під час ферментації сировини з високим вмістом азоту. Співвідношення вуглецю до азоту в сировині, яка піддається зброджуванню, має становити від 30:1 до 15:1. Оптимальне співвідношення вуглецю до азоту складає 20:1. Лігнін, як компонент субстрату у концентрації понад 15%, також інгібує процес метанового зброджування, оскільки під час будь-яких умов не розкладається [22].

1.4 Світовий досвід використання відходів птахофабрик як добрива

Протягом останніх 30 років в різних країнах, таких як США та країн Західної Європи значно поширилася практика переробки органічних відходів від тваринництва, птахівництва, а також осаду очисних споруд за допомогою методу прискореної біологічної ферментації [23]. Основою цих технологій є мезофільна і термофільна ферментація.

В США органічні добрива, виготовлені методом прискореної біологічної ферментації, відомі під назвою «Farmway», у Західній Європі – "Organic", "Bioorganic" та іншими. В Україні також розроблені і запатентовані сучасні технології виробництва органічних добрив нового покоління методом прискореної біологічної ферментації під брендами «Біоферм», «Біоферм – поділля», «БіоАктив» та універсального органічного добрива (ОДУД).

Науковцями та спеціалістами асоціації «Біоконверсія» проведено значний обсяг наукових досліджень та розробок, включаючи розробку технологічних карт біоферментаційних процесів для переробки різних типів органічних відходів. Вченими створена програма для розрахунку

оптимального складу сумішей перед ферментацією, що дозволяє забезпечити ефективний перебіг процесу та отримання високоякісного післяферментаційного продукту з заданими характеристиками. Також розроблено програму та систему автоматизованого контролю та управління біоферментаційним процесом, а також типовий проект промислового біоферментаційного блоку з урахуванням різних типів органічних відходів та їх співвідношення.

Німеччина відома своїм передовим досвідом у використанні відходів птахофабрик як добрива, зокрема за допомогою газових установок для переробки пташиного посліду. Цей підхід є частиною стратегії країни щодо сталого розвитку сільського господарства та охорони довкілля.

Одним із ключових елементів цієї стратегії є використання анаеробного зброджування для перетворення органічних відходів на біогаз та органічні добрива. Анаеробні установки сприяють ефективному використанню пташиного посліду, який містить значні кількості азоту, фосфору та інших поживних речовин. Під час зброджування під впливом мікроорганізмів відбувається розклад складних органічних сполук, що призводить до утворення біогазу і водорозчинних органічних добрив.

Високий технологічний рівень установок дозволяє контролювати температурні та хімічні умови зброджування, що оптимізує процеси розкладу органічних матеріалів та забезпечує високу вибіркковість у продукції, отриманій в результаті. Велика увага також приділяється утилізації тепла, що утворюється під час зброджування, для потреб установок або для інших технологічних процесів.

Наукові дослідження та розвиток нових технологій у цій галузі постійно підтримуються у Німеччині, що сприяє вдосконаленню ефективності та екологічної безпеки використання відходів птахофабрик. Інтеграція цих підходів у сільськогосподарські практики сприяє зменшенню викидів парникових газів, покращенню якості ґрунтів та забезпеченню сталого використання ресурсів. Німеччина виступає прикладом ефективного

використання технологій переробки органічних відходів з птахофабрик, що сприяє не лише економічному розвитку, але й збереженню навколишнього середовища та здоров'ю людей [24].

1.5 Способи використання пташиного посліду у рослинництві

Пташиний послід здавна відомий як висококонцентроване, легкозасвоюване органічне добриво. Потреба в таких добривах особливо велика зараз, коли мінеральні добрива дорогі, а ґрунти в Україні значною мірою втратили свій природний потенціал родючості через прискорене винесення гумусу. Відповідно підготовлений пташиний послід може використовуватися також як кормовий інгредієнт, а останнім часом його почали застосовувати і як енергоресурс.

Використання пташиного посліду у рослинництві має кілька основних способів, кожен з яких спрямований на максимальне збереження та ефективне використання його поживних властивостей.

Одним з найбільш поширених способів є безпосереднє внесення свіжого або збродженого посліду в ґрунт. Такий метод забезпечує швидке постачання рослин необхідними елементами, однак вимагає обережності через високу концентрацію азоту, що може призвести до фітотоксичності. Щоб уникнути негативних наслідків, послід рекомендується попередньо компостувати. Компостування дозволяє стабілізувати органічні речовини, знижуючи ризик виділення аміаку та інших токсичних газів, і збагачує компост гуміновими сполуками, які поліпшують структуру ґрунту і сприяють збереженню вологи.

Іншим способом використання пташиного посліду є його застосування в рідкому вигляді у формі біогумусу або рідкого органічного добрива. Для цього послід розчиняють у воді, отримуючи рідку суспензію,

яку можна застосовувати для кореневого та позакореневого підживлення рослин. Такий метод дозволяє рівномірно розподілити поживні речовини по всьому обсягу ґрунту і забезпечує швидке їх засвоєння рослинами [25].

Пташиний послід також використовується як компонент у складі органічних добрив, змішаних з іншими органічними матеріалами, такими як торф, солома, опале листя тощо. Така суміш проходить процес ферментації, що забезпечує більш рівномірне виділення поживних речовин та підвищує ефективність добрива.

Крім того, пташиний послід використовується в технологіях біологічного збагачення ґрунтів. У таких системах послід є джерелом поживних речовин для мікроорганізмів, які, в свою чергу, сприяють розкладу органічних решток і покращують структуру ґрунту.

Наукові дослідження марокканських вчених з Першого університету Мохамеда Уахіда Еласрі та Мохамеда Ель Амін Афілала підтверджують, що використання пташиного посліду у рослинництві сприяє підвищенню врожайності та покращенню якості ґрунтів. Оскільки галузь птахівництва у Марокко дуже розвинена через споживання населенням переважного курячого м'яса, то обсяги курячого посліду ростуть з кожним роком [26]. Проте для максимальної ефективності та безпеки необхідно дотримуватись рекомендацій щодо його дозування та попередньої обробки. Таким чином, пташиний послід є важливим елементом у сучасних агротехнологіях, що дозволяє знижувати залежність від мінеральних добрив та сприяє сталому розвитку сільського господарства.

1.6 Аналіз циклу отримання біогазу в процесі переробки пташиного посліду

Цикл отримання біогазу в процесі переробки пташиного посліду в біогазовій установці складається з декількох ключових стадій. Спочатку пташиний послід завантажують у герметичні приймальні посудини, де він підігрівається до температури, необхідної для зброджування, і витримується протягом доби. Під впливом гідролітичних бактерій починається гідроліз складних органічних сполук, що підготовлює матеріал для подальшого анаеробного зброджування.

На другій стадії матеріал переміщують у метантенки, де відбувається основне зброджування в анаеробних умовах. Метантенки оснащені системами для відведення біогазу, який утворюється в результаті діяльності мікроорганізмів. Біогаз складається здебільшого з метану (55-80%) та вуглекислого газу (20-43%), а також незначної кількості інших газів, таких як водень, сірководень і аміак [27].

Після зброджування отриманий рідкий залишок розділяють на тверду і рідку фракції за допомогою спеціальних сепараторних пристроїв. Тверду фракцію висушують і гранулюють, утворюючи високоякісні органічні добрива, які містять біогенні елементи у великих кількостях і в доступних для рослин формах. Ці добрива позбавлені різкого запаху, патогенних мікроорганізмів, гельмінтів і насіння бур'янів, що робить їх безпечними для використання в сільському господарстві [28].

Рідку фракцію піддають подальшій обробці для отримання білково-вітамінного концентрату, збагаченого бактеріальними протеїнами та вітаміном B12, що може бути використаний як кормовий додаток. Залишковий біогаз використовується як енергетичний ресурс для забезпечення роботи біогазової установки, зокрема для процесу сушіння гранул [29].

Екологічний вплив цієї технології переробки відходів на ґрунт є позитивним. Органічні добрива, отримані в процесі анаеробного зброджування, збагачують ґрунт необхідними поживними речовинами, покращують його структуру і сприяють зростанню врожайності. Вони

містять гумінові сполуки, вітаміни групи В та інші біологічно активні речовини, які стимулюють розвиток рослин. Крім того, зниження кількості відходів, які піддаються розкладу у відкритому середовищі, сприяє зменшенню викидів парникових газів і неприємних запахів, що покращує якість повітря та умови життя в сільських районах.

Загалом, технологія переробки пташиного посліду в біогазовій установці є ефективним методом утилізації відходів, який поєднує виробництво відновлюваної енергії з виробництвом високоякісних органічних добрив, що мають позитивний вплив на ґрунт та довкілля [30].

1.7 Токсикологічний вплив використання залишкового продукту біометанового бродіння

Використання пташиного посліду як добрива може мати як позитивний, так і негативний вплив на агроecosистему, залежно від правильності його застосування. Неправильна концентрація пташиного посліду може спричиняти токсикологічні та гербіцидні ефекти, які негативно впливають на родючість ґрунту, стан рослин та екологічний баланс.

Основна проблема неправильного використання пташиного посліду полягає в його високій концентрації азотистих сполук, особливо амонію та нітратів. Вчені відзначають, що надмірне накопичення амонію (NH_4^+) у ґрунті може викликати амонійну токсичність, яка проявляється у вигляді уповільнення росту рослин, пожовтіння листя та пригнічення кореневої системи. Це явище виникає через зниження рН ґрунту та підвищення концентрації токсичних форм азоту. Дослідження показують, що амонійний азот у високих концентраціях може інгібувати ферментативні процеси в рослинах, що призводить до порушення їх фізіологічного стану [31].

Крім того, надмірна кількість нітратів (NO_3^-) може спричиняти нітратну токсичність. Це явище особливо небезпечне для ґрунтових вод, оскільки нітрати легко вимиваються і можуть потрапляти у підземні водоносні горизонти, спричиняючи їх забруднення. Високі концентрації нітратів у воді небезпечні для здоров'я людини та тварин, оскільки вони можуть перетворюватися в організмі на токсичні нітрити [32].

Ще одним аспектом є високий вміст важких металів у пташиному посліді, таких як кадмій, свинець та мідь. Надмірне застосування посліду може призводити до накопичення цих металів у ґрунті, що негативно впливає на мікрофлору ґрунту та рослин. Важкі метали здатні інгібувати ферментативну активність мікроорганізмів та порушувати метаболічні процеси у рослин, що знижує їх врожайність та якість [33].

Гербіцидний вплив пташиного посліду може бути пов'язаний з високою концентрацією органічних кислот, що утворюються в процесі його розкладання. Ці кислоти, такі як оцтова, пропіонова та масляна, у високих концентраціях можуть пригнічувати ріст бур'янів, але одночасно можуть негативно впливати на культурні рослини. Відомо, що підвищений рівень органічних кислот у ґрунті може знижувати активність ферментів, необхідних для росту рослин, що призводить до зменшення врожайності [34].

Вчені-екологи та аграрії наголошують на важливості дотримання дозувань та рекомендацій щодо використання продукту метанового бродіння як добрива. Зокрема, слід враховувати вміст основних поживних речовин, водневий показник ґрунту та його здатність до утримання і переробки азотистих сполук. Для уникнення токсикологічних та гербіцидних ефектів важливо проводити регулярний моніторинг стану ґрунту та водних ресурсів, а також впроваджувати системи контролю та управління якістю добрив [35].

Таким чином, неправильна концентрація залишкового продукту біометанового бродіння може мати серйозні екологічні наслідки, зокрема токсикологічний та гербіцидний вплив на ґрунт. Важливо дотримуватись науково обґрунтованих рекомендацій щодо його застосування, щоб

забезпечити сталий розвиток агроєкосистем та мінімізувати негативні екологічні наслідки.

1.8 Гумінові кислоти в отриманих продуктах анаеробного зброджування

Гумінові кислоти є природними органічними сполуками, що утворюються в процесі гуміфікації продуктів рослинного, тваринного і мікробного походження. Вони мають високу молекулярну масу (від 10 000 до 100 000 а.о.м.) та є стійкими до біохімічного розщеплення, що сприяє їх накопиченню в ґрунті, біогумусі, сапропелях, торфі та бурому вугіллі. Основна частина гумінових кислот нерозчинна і недоступна рослинам, що обумовлює їх тривалий вплив на родючість ґрунту [36].

Анаеробне ферментування органічних відходів, зокрема курячого посліду, призводить до утворення рідкої біомаси, багатой на гумінові кислоти. Цей процес, відомий як метанове збродження, дозволяє отримати продукт, який може бути використаний як добриво, збагачене гуміновими речовинами. Зважаючи на їх фізіологічну активність, гумінові кислоти сприяють покращенню структурних і фізико-хімічних властивостей ґрунту, збільшують його водоутримуючу здатність та підвищують загальну родючість[37].

Гумінові кислоти в рідкій біомасі після анаеробного ферментування проявляють високу біологічну активність. Вони стимулюють ріст і розвиток рослин, покращують кореневу систему та збільшують стійкість до стресових умов, таких як посуха. Гумінові кислоти впливають на мікробіологічні процеси в ґрунті, активізуючи діяльність ґрунтоутворюючих мікроорганізмів

та прискорюючи обмін речовин у тканинах рослин. Це сприяє більш ефективному засвоєнню рослинами поживних речовин, що зумовлює підвищення врожайності та якості продукції .

Однією з переваг використання рідкої біомаси з гуміновими кислотами є її екологічна безпечність. На відміну від синтетичних агрохімікатів, гумінові речовини не мають побічних ефектів, таких як алергічні, фітотоксичні або канцерогенні властивості. Вони є природними компонентами ґрунту, що робить їх безпечними для рослин, тварин і людей [38].

Рідка біомаса, отримана після анаеробного ферментування суміші на основі курячого посліду, є ефективним джерелом гумінових кислот. Її використання як добрива дозволяє покращити агрономічні властивості ґрунту, підвищити врожайність сільськогосподарських культур та забезпечити екологічно безпечне землеробство.

1.9 Переваги методу біотестування для визначення впливу технологій переробки сільськогосподарських відходів птахофабрик

Метод біотестування є важливим інструментом у дослідженнях впливу технологій переробки сільськогосподарських відходів, зокрема відходів птахофабрик, на навколишнє середовище. Впровадження таких технологій потребує ретельного аналізу їхніх екологічних наслідків, що дозволяє забезпечити стійкий розвиток агропромислових комплексів. У цьому контексті метод біотестування виступає як надійний та ефективний засіб оцінки впливу відходів на різні компоненти екосистем.

Метод біотестування має низку переваг, що роблять його незамінним для визначення екологічних наслідків впровадження технологій переробки сільськогосподарських відходів. Однією з головних переваг є можливість оцінки біологічної активності речовин та їх впливу на живі організми. Завдяки цьому методу можна визначити токсичність різних субстанцій, виявити можливі негативні впливи на ґрунт та рослинність, а також оцінити ризики для здоров'я людей та тварин.

Дослідження, проведені професором Джеймсом Картрайтом з Університету Каліфорнії, показали, що метод біотестування дозволяє виявити навіть незначні концентрації токсичних речовин, які можуть мати суттєвий вплив на екосистеми. Це особливо важливо у випадку використання органічних добрив на основі пташиного посліду, де концентрація різних елементів може змінюватися в залежності від технології переробки [39].

Для проведення біотестування використовуються різноманітні тест-культури, що дозволяє отримати комплексну оцінку впливу відходів на різні біологічні системи. Найбільш поширеними є зернові культури (пшениця, ячмінь), технічні культури (соняшник, ріпак) та спеціалізовані тест-культури (крес-салат, редис). Використання різних культур дозволяє оцінити вплив відходів на різні типи рослин, що сприяє більш повному розумінню екологічних наслідків.

Метод біотестування включає кілька ключових етапів: підготовка ґрунту, внесення відходів або добрив, висадка тест-культур, моніторинг росту та розвитку рослин, а також аналіз отриманих даних. Професор Сара О'Коннор з Університету Глазго підкреслює, що важливим аспектом є стандартизація умов проведення тестів, що забезпечує порівнянність результатів та високу точність досліджень [40].

Однією з ключових переваг методу біотестування є можливість отримання оперативних та надійних даних щодо впливу відходів на екосистеми. Це дозволяє швидко реагувати на виявлені проблеми та вживати необхідних заходів для мінімізації негативного впливу. Крім того, метод

біотестування є відносно недорогим у порівнянні з іншими методами екологічного моніторингу, що робить його доступним для широкого кола дослідницьких установ та підприємств.

Іншою важливою перевагою є висока чутливість методу. Дослідження професора Міхаеля Штрауса з Технічного університету Мюнхена показали, що біотестування дозволяє виявити навіть мінімальні концентрації шкідливих речовин, які можуть залишатися невиявленими іншими методами аналізу. Це особливо важливо у контексті екологічного моніторингу, де навіть незначні концентрації токсичних речовин можуть мати суттєвий вплив на екосистеми [41].

У практичній площині метод біотестування дозволяє підприємствам, таким як птахофабрики ефективно контролювати вплив технологій переробки відходів на навколишнє середовище. Використання цього методу дає змогу вчасно виявляти негативні тенденції та впроваджувати коригуючі заходи для зниження екологічного відбитку. Це сприяє підвищенню екологічної стійкості підприємства та збереженню його конкурентоспроможності на ринку.

Зокрема, проведення біотестування на різних етапах переробки пташиного посліду дозволяє оцінити ефективність технологій очищення та компостування. Це дає змогу оптимізувати процеси виробництва органічних добрив, підвищити їхню якість та знизити ризики для довкілля. Професор Анна Міллер з Університету Торонто зазначає, що використання біотестування є важливим елементом у впровадженні принципів циркулярної економіки, де відходи перетворюються на ресурси [42].

Біотестування сприяє не лише економічним, але й екологічним та соціальним вигодам. Зокрема, зниження екологічного навантаження на довкілля сприяє збереженню біорізноманіття та покращенню якості природних ресурсів. Це має позитивний вплив на здоров'я людей, які проживають у прилеглих до підприємств районах, та сприяє покращенню умов праці для працівників агропромислових комплексів.

Крім того, використання методу біотестування підвищує обізнаність громадськості щодо екологічних аспектів виробничої діяльності. Це сприяє формуванню позитивного іміджу підприємства та підвищенню рівня довіри з боку споживачів та інвесторів. Професор Маркус Хендріксон з Університету Лунда підкреслює, що прозорість та відповідальність у питаннях екологічної безпеки є важливими факторами для успішного розвитку агропромислових підприємств у сучасних умовах [43].

Метод біотестування є важливим інструментом для визначення впливу технологій переробки сільськогосподарських відходів птахофабрик на навколишнє середовище. Його переваги включають високу чутливість, оперативність, економічну доступність та можливість комплексної оцінки екологічних наслідків. Біотестування сприяє підвищенню екологічної стійкості підприємств, зниженню ризиків для довкілля та покращенню якості сільськогосподарської продукції. Використання цього методу дозволяє підприємствам ефективно контролювати вплив своєї діяльності на екосистеми та сприяє впровадженню принципів сталого розвитку.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ТА УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Місце проведення досліджень

Матеріал залишкового продукту біометанового бродіння було взято на приватному акціонерному товаристві «Миронівська птахофабрика».

«Миронівська птахофабрика» — підприємство агроіндустріального холдингу МХП, яке спеціалізується на повному циклі виробництва від добового молодняку до м'яса курчат-бройлерів.

На рисунку 2.1 зображено територію Миронівської птахофабрики

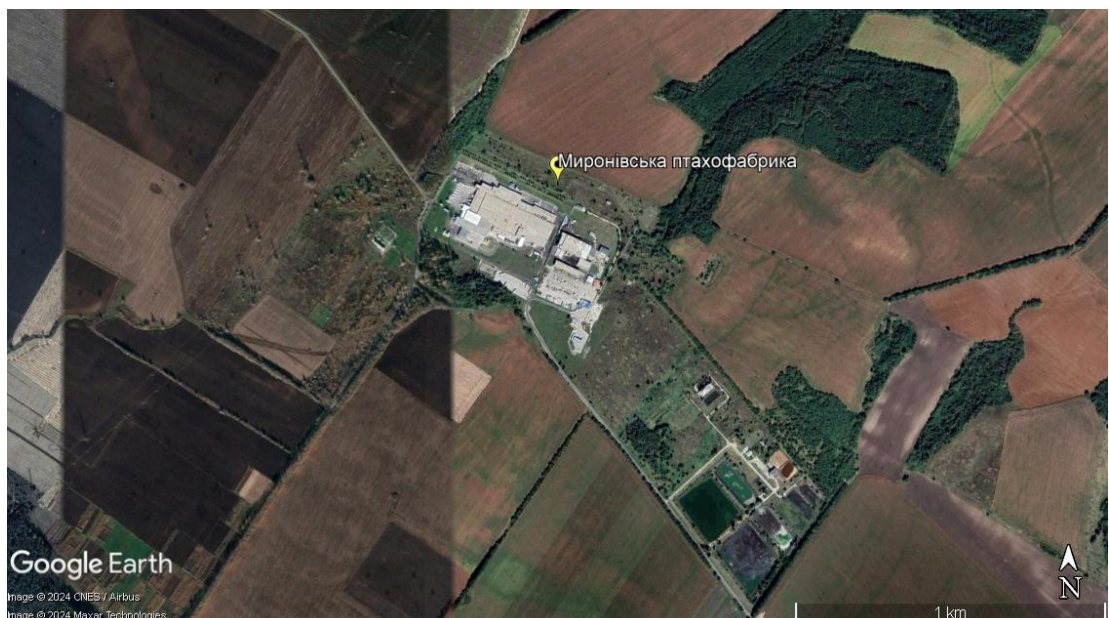


Рисунок 2.1 Територія ПрАТ Миронівської птахофабрики.

Птахофабрика розташована в Черкаській області та є однією з найбільших в Україні за обсягами виробництва. Виробничі потужності включають інкубаторно-птахівничу станцію, здатну виробляти 185 млн яєць на рік, 27 виробничих ділянок із 432 пташниками, а також комплекс з переробки курчат-бройлерів, який включає дві забійні лінії продуктивністю 14 000 голів на годину кожна. Підприємство також має власний цех технічних фабрикатів та біологічні очисні споруди. На території підприємства розташовані потужності Регіонального центру логістики МХП.

«Миронівська птахофабрика» сертифікована за міжнародними стандартами якості та безпечності виробництва, такими як Halal, BRC Global Standard for Food Safety, GMP+B2, Global G.A.P. Poultry та є членом SEDEX. Вона також впроваджує стандарти Асоціації «Союз птахівників України» щодо вирощування птиці без використання антимікробних засобів.

Соціальна відповідальність є важливою складовою діяльності підприємства. Воно забезпечує працівників пільговою продукцією та харчуванням, спецодягом та спецвзуттям, безкоштовним трансфером на роботу та з роботи, матеріальною допомогою у випадках особливих життєвих подій, службовим житлом та безвідсотковими позиками на соціальні потреби. Птахофабрика активно підтримує соціальні проекти на територіях своєї присутності, зокрема на Канівщині Черкаської області, розвиває партнерські відносини з місцевими громадами та реалізовує проект «Соціальний магазин» для пенсіонерів [44].

Птахофабрика представляє собою багатофункціональне підприємство, яке поєднує в собі високу продуктивність, дотримання міжнародних стандартів якості та активну соціальну відповідальність, що робить його важливим елементом агроіндустріального комплексу України.

Сьогодні Миронівська птахофабрика експлуатує два біогазові комплекси: на птахофабриці «Оріль-Лідер» у Дніпропетровській області та комплекс «Біогаз Ладжин» у Вінницькій області.

На рисунку 2.2 зображено біогазові станції розміщені на птахофабриці «Оріль-Лідер» у Дніпропетровській області, де відбувається ферментування біомаси з Миронівської птахофабрики.



Рисунок 2.2 – Біогазові станції, де відбувається ферментування біомаси з Миронівської птахофабрики.

Будівництво першої біогазової станції на птахофабриці «Оріль-Лідер» було розпочато навесні 2012 року, і в грудні того ж року введено в експлуатацію перший ферментатор. У 2013 році станція була запущена з енергетичною потужністю 5 МВт/год, що еквівалентно електропостачанню 15 000 квартир та тепловому забезпеченню 1 500 квартир. У кінці 2014 року станція досягла своєї повної потужності, ставши першою в Європі біогазовою станцією такого рівня потужності і технологій, що працює на курячому посліді і відходах комплексу з переробки курчат-бройлерів. Загальна вартість проекту склала \$15 млн.

У кінці 2019 року був введений в експлуатацію перший етап біогазового комплексу «Біогаз Ладизин» з енергетичною потужністю 12 МВт, розташований у селі Василівка Тульчинського району Вінницької

області, у складі «Вінницької птахофабрики». Проект передбачає реалізацію у дві черги з запланованою встановленою потужністю 24 МВт, що зробить його найбільшим у світі біогазовим комплексом з переробки органічних відходів птахівництва. Потужності першої черги забезпечують електроенергією 35 000 сімей, а загальна енергія, що виробляється, покриває близько 40% потреб агроіндустріального кластеру МХП. Крім того, «Біогаз Ладизин» виробляє органічні біодобрива з високим вмістом необхідних для рослин елементів живлення.

Комплекс «Біогаз Ладизин» відзначається унікальними масштабами, маючи перші в Україні 12 резервуарів діаметром 41 м і висотою 6,5 м, з робочим об'ємом 8 000 куб. м. Введення в експлуатацію цього об'єкта свідчить про значний поступ у сфері біоенергетики та екологічно чистого виробництва енергії на основі відходів птахівництва. Міжнародні організації підтвердили ефективність і актуальність проектів з точки зору стандартів екології і безпеки, що підтверджує високу технологічність і відповідність екологічним стандартам цих комплексів.

Миронівською птахофабрикою доцільно використовувати власну біогазову установку, це обґрунтовується декількома ключовими аспектами. По-перше, наявність біогазової установки на самому підприємстві дозволяє ефективно вирішити проблему утилізації органічних відходів, зокрема курячого посліду та відходів переробки курчат-бройлерів. Цей підхід відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та сталого розвитку, оскільки перетворення відходів на енергію значно знижує екологічний вплив підприємства.

По-друге, виробництво біогазу безпосередньо на птахофабриці забезпечує стабільне джерело енергії, що може бути використане для власних потреб підприємства. Це дозволяє знизити залежність від зовнішніх постачальників енергії та підвищити енергетичну автономію. Крім того, використання біогазу як альтернативного джерела енергії сприяє зменшенню витрат на енергоносії, що є економічно вигідним для підприємства.

Третім важливим аспектом є виробництво органічних добрив як проміжного продукту метанового бродіння. Використання таких добрив має кілька переваг. По-перше, вони мають високу концентрацію поживних речовин, необхідних для росту рослин, що підвищує врожайність сільськогосподарських культур. По-друге, органічні добрива покращують структуру ґрунту, збільшують його родючість та здатність утримувати вологу, що сприяє сталому сільському господарству. По-третє, використання органічних добрив сприяє зменшенню застосування хімічних добрив, що позитивно впливає на екосистему та здоров'я людей.

2.2 Етапи вирощування продукції на птахофабриці

Процес вирощування курей на Миронівській птахофабриці включає кілька послідовних етапів, які забезпечують високу ефективність виробництва та дозволяють отримувати значну кількість біомаси пташиного посліду для подальшого використання в біометановому бродінні. Основні етапи вирощування курей та утилізації відходів включають наступні пункти:

1. Інкубація яєць. На інкубаторно-птахівничій станції потужністю 185 млн яєць на рік здійснюється закладка яєць в інкубатори, де вони проходять процес інкубації. За допомогою спеціального обладнання забезпечується оптимальний мікроклімат для розвитку ембріонів, що дозволяє досягти високого відсотка виведення курчат.

2. Вирощування молодняку. Після виведення курчата переміщуються до пташників, де створюються умови для їх інтенсивного росту. Миронівська птахофабрика має 27 виробничих дільниць із 432 пташниками загальною потужністю близько 24 млн голів. На цьому етапі забезпечується збалансоване харчування, оптимальний температурний режим та регулярний ветеринарний контроль, що сприяє здоровому росту птахів.

3. Відгодівля та підготовка до забою. Після початкового періоду вирощування, кури переводяться на відгодівлю, де вони досягають необхідної ваги та кондиції. Протягом цього етапу, який триває кілька тижнів, забезпечується висококалорійне харчування та відповідні умови утримання, що сприяє інтенсивному набору ваги.

4. Забій та переробка. Комплекс з переробки курчат-бройлерів на дві забійні лінії продуктивністю 14 000 голів на годину кожна дозволяє ефективно переробляти велику кількість птахів. Процес переробки включає забій, патрання, обробку та пакування м'яса, що відповідає високим стандартам якості та безпеки.

5. Утилізація пташиного посліду. Під час вирощування курей на всіх етапах накопичується значна кількість пташиного посліду, який є цінною сировиною для біометанового бродіння. Послід збирається та транспортується до біогазових установок, де він піддається процесу анаеробного розкладання. Біометанове бродіння проводиться у спеціальних ферментаторах, де під дією мікроорганізмів органічні відходи перетворюються на біогаз та органічні добрива.

В результаті біометанового бродіння утворюється біогаз, який використовується як альтернативне джерело енергії для забезпечення власних потреб підприємства, та органічні добрива, які застосовуються у сільському господарстві. Таким чином, процес вирощування курей на Миронівській птахофабриці не лише забезпечує виробництво високоякісного м'яса, але й сприяє ефективному використанню відходів, що відповідає принципам сталого розвитку та екологічної безпеки.

Така інтегрована система вирощування курей та утилізації відходів дозволяє мінімізувати екологічний вплив птахофабрики, знизити витрати на енергоносії та підвищити ефективність виробництва, що є важливим аспектом для забезпечення конкурентоспроможності підприємства на сучасному ринку[45].

2.3 Транспортування та зберігання біомаси

Транспортування та зберігання біомаси, що утворюється в процесі біометанового збродження на Миронівській птахофабриці, є важливими компонентами ефективного управління відходами та виробництва енергії. Цей процес включає кілька етапів, кожен з яких має свої специфічні вимоги для забезпечення безпеки, ефективності та економічної доцільності.

На першому етапі послід, що утворюється під час вирощування курей, збирається з пташників за допомогою автоматизованих систем збору та транспортування. Ці системи забезпечують мінімізацію ручної праці та підвищують ефективність збору біомаси. Зібраний послід транспортується до місця попередньої обробки та зберігання.

На другому етапі пташиний послід може містити значну кількість вологи та інших домішок, що можуть вплинути на ефективність біометанового збродження. Тому на цьому етапі проводиться попередня обробка біомаси, яка включає механічне видалення домішок, зневоднення та подрібнення. Ці операції проводяться з використанням спеціалізованого обладнання, що дозволяє підготувати біомасу до подальшого анаеробного розкладання [46].

Після попередньої обробки біомаса транспортується до місць зберігання, які відповідають високим стандартам екологічної безпеки. Зберігання здійснюється у спеціальних резервуарах або силосах, що забезпечують захист біомаси від атмосферних впливів та можливих забруднень. Ці резервуари обладнані системами контролю температури та вологості, що дозволяє підтримувати оптимальні умови для подальшого процесу збродження.

Підготовлена біомаса транспортується до біогазових установок за допомогою спеціалізованих транспортних засобів або трубопроводів. Вибір методу транспортування залежить від відстані та обсягів біомаси, що потребує обробки. Транспортування проводиться з дотриманням усіх норм безпеки та санітарно-гігієнічних вимог.

Після анаеробного розкладання біомаса перетворюється на біогаз та органічні добрива. Біогаз зберігається у газгольдерах або спеціальних резервуарах під тиском, що дозволяє забезпечити його стабільне постачання для енергетичних потреб підприємства. Органічні добрива зберігаються у спеціально відведених місцях, що забезпечують захист від втрат поживних речовин та збереження їх якості.

Організація процесу транспортування та зберігання біомаси на Миронівській птахофабриці забезпечує ефективне управління відходами та максимальне використання ресурсів. Це дозволяє не тільки знизити екологічний вплив підприємства, але й отримати додаткові економічні вигоди від виробництва біогазу та органічних добрив. Високий рівень автоматизації та використання сучасних технологій у цьому процесі сприяють підвищенню ефективності та стабільності роботи підприємства [47].

2.4 Технологічний процес отримання рідкої біомаси

На Миронівській птахофабриці процес отримання рідкої біомаси є складним і багатоступеневим технологічним ланцюгом, спрямованим на ефективне перетворення відходів тваринництва в біогаз і супутні продукти. Технологічний процес включає декілька ключових стадій, починаючи з підготовки сировини і закінчуючи отриманням кінцевого продукту – рідкої біомаси.

Для забезпечення оптимальних умов для анаеробного зброджування використовують очищене повітря. Забір повітря здійснюється на висоті 10 метрів над рівнем землі для мінімізації забруднень. Повітря проходить через фільтр попередньої очистки, де відбувається видалення механічних часток і пилу, після чого воно направляється на технологічні стадії процесу.

Сировиною для зброджування є суміш гною великої рогатої худоби (ВРХ) та силосу кукурудзи. Після збору гній птахів транспортується насосами до накопичувачів, звідки подається до резервуара попереднього змішування. Силос кукурудзи подрібнюється до часток розміром не більше 50 мм і також подається до резервуара змішування. У змішувачі ці компоненти змішуються у співвідношенні 70% гною та 30% силосу, додається водопровідна вода для досягнення вологості 92%, та підігрівається до температури 25°C.

Підготовлений субстрат подається до горизонтального метантенка, де при температурі 35-39°C та рН 6,8-7,4 відбувається анаеробне зброджування. Процес триває за відсутності кисню, забезпечуючи ефективну біодеградацію органічних речовин та утворення біогазу. Зброджування відбувається в метантенку об'ємом 600 м³, де підтримується постійний надлишковий тиск для інтенсифікації процесу.

Отриманий після зброджування субстрат є цінним матеріалом для добрив. Спочатку він зневоднюється на фільтр-пресі, де відокремлюється тверда фракція з вологістю 75-80%. Тверда фракція піддається сушінню у вальцьовій сушарці до вологості 10-15%, після чого гранулюється для зручності транспортування і використання як добриво.

Біогаз, що утворюється під час зброджування, накопичується у газгольдері. Він очищується від водяної пари, сірководню та вуглекислого газу шляхом промивки водою під тиском. Очищений біогаз стискується і зберігається у газгольдерах високого тиску для подальшого використання або подачі до газорозподільної мережі.

Біогаз одержується для виявлення можливих витоків і кондиціонується для досягнення необхідних енергетичних характеристик. Після цього він готовий для пакування у балони або для подачі до споживачів через газову мережу.

Технологічний процес отримання рідкої біомаси на Миронівській птахофабриці забезпечує ефективне використання відходів тваринництва, дозволяючи не тільки отримувати біогаз для енергетичних потреб, але й виробляти високоякісні органічні добрива. Такий підхід сприяє зменшенню екологічного навантаження на довкілля та підвищенню економічної ефективності виробництва [48].

2.5 Методи досліджень біотестування

Проби рідкої біомаси були відібрані згідно з ГОСТ 26712 з наступним доповненням: з кожного пакування вибірки відбирались точкові проби рідкої біомаси, об'єм якої не перевищує 0.5 дм^3 . З відібраних проб формується об'єднана проба рідкої біомаси, з якої після перемішування відбирають середню кінцеву пробу [49].

Об'єм середньої кінцевої проби рідкої біомаси для проведення досліджень становить 2000 дм^3 . Пробу ділять на дві рівні частини і поцінують у полімерні пляшки місткістю 1 дм^3 згідно ТУ У6-00209651 або ТУ 6-39-16 і приклеюють на них етикетки, виготовлені згідно з ГОСТ 7625, які містять наступну інформацію:

- Назву підприємства-виробника
- Назву біомаси рідкої
- Номер партії
- Дату виготовлення(число,місяць, рік)
- Дату відбору проби(число, місяць, рік)

- Призначення проби(лабораторна, арбітражна)
- Об'єм проби у дециметах кубічних
- Познаку цих технічних умов
- Прізвище особи, яка відбирала проби.

Лабораторна проба передається у лабораторію для проведення випробувань і досліджень. Зовнішній вигляд біомаси контролюється візуально на розсіяному денному або штучному денному світлі

Біотестування на продуктах рідкої органічної біомаси після анаеробного ферментування проводилося для оцінки можливого токсичного впливу продуктів біометанового збродження на рослини. Дослідження проводяться з метою визначення безпечності використання добрив на основі рідкої біомаси метанового збродження для сільськогосподарських культур, а також для виявлення потенційного гербіцидного ефекту.

Для проведення біотестування використовувалися різні види рослин, серед яких зернові культури (пшениця та ячмінь), технічні культури (ріпак та соняшник) та тестові культури (крес-салат та редис). Таке розмаїття досліджуваних рослин дозволяє отримати більш повну картину впливу добрив на різні типи рослин та виявити специфічні реакції на продукт біометанового збродження.

Методика біотестування включала кілька основних етапів. На першому етапі підготовлюється рідка біомаса метанового збродження, яка використовується як добриво для рослин. Висівання насіння проводиться у контрольованих умовах з подальшим внесенням досліджуваного добрива в різних концентраціях. Контрольні зразки рослин вирощуються без використання добрива для порівняння результатів.

На наступному етапі проводиться моніторинг росту та розвитку рослин, включаючи вимірювання біометричних показників, таких як висота рослин, кількість листків, розвиток кореневої системи та біомаса рослинної маси. Окрім того, проводяться фізіологічні та біохімічні аналізи, що

дозволяють оцінити стан рослин та виявити можливі зміни у метаболізмі, викликані впливом досліджуваного добрива [50].

Особлива увага була приділена виявленню токсичних речовин, що можуть накопичуватися у ґрунті та потрапляти у харчові ланцюги. Для цього були проведені аналізи складу ґрунту до та після внесення добрива, а також визначення вмісту потенційно шкідливих речовин у рослинах. Такі дослідження дозволили виявити, чи не є продукт біометанового збродження джерелом токсичних сполук, що можуть вплинути на безпечність харчових продуктів.

Окремо досліджувався гербіцидний ефект добрива на основі рідкої біомаси метанового збродження. Це включає спостереження за можливими змінами у рості бур'янів та їх чутливості до досліджуваного добрива. Виявлення гербіцидних властивостей може бути корисним для розробки нових агротехнологій, що дозволяють знижувати використання хімічних гербіцидів у сільському господарстві.

Результати біотестування дозволяють зробити висновки щодо безпечності та ефективності використання продукту біометанового збродження як добрива, а також визначити можливі ризики для навколишнього середовища та здоров'я людини. Біотестування є невід'ємною частиною комплексної оцінки впливу нових агротехнологій на сільськогосподарські системи та забезпечення стійкого розвитку аграрного сектору.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

3.1 Біотестування проміжного продукту біометанового бродіння на тестових культурах

Біотестування проміжного продукту біометанового бродіння є важливим етапом в оцінці його ефективності як добрива для різних культур. Цей процес дозволяє визначити вплив добрива на ріст і розвиток рослин, а також виявити можливі токсичні ефекти. Для проведення досліджень було обрано такі культури:

1. Зернові культури (пшениця, ячмінь);
2. Технічні культури (соняшник, ріпак);
3. Класичні тест-культури (крес-салат, редис червоний з білим кінчиком).

Для проведення біотестування були використані стандартні методики, що включають підготовку зразків добрива, посів насіння тестових культур, а також контрольні посіви без додавання добрива. Спостереження за ростом і розвитком рослин проводилися протягом 30 діб, з оцінкою таких параметрів, як схожість насіння, висота рослин, кількість листків, розвиток кореневої системи та біомаса.

У процесі біотестування проміжного продукту біометанового бродіння було проведено аналіз впливу добрива на проростання та початковий ріст зернових культур, зокрема пшениці (*Triticum aestivum*) та ячменю (*Hordeum vulgare*). Дослідження охоплювало кількість пророслих

насінин, довжину кореня та довжину пагона. У таблиці 3.1 представлено результати досліджень.

Таблиця 3.1 – Результати проведення біотестування на зернових культурах.

Культура	Число пророслих насінин	Довжина кореня (мм)	Довжина пагона (мм)
Пшениця (<i>Triticum aestivum</i>)	14	68	81
Ячмінь (<i>Hordeum vulgare</i>)	16	64	73
Контроль (<i>Triticum aestivum</i>)	11	45	56
Контроль (<i>Hordeum vulgare</i>)	15	52	50

Дані в таблиці свідчать про позитивний вплив добрива на проростання та початковий ріст зернових культур. У варіанті з насінням пшениці проросло 14 насінин, середня довжина кореня становила 6,8 см, а пагона — 8.1 см.

Біотестування показало, що пшениця демонструє високу чутливість до внесення добрива на ранніх стадіях розвитку. Вже на 7-й день після посіву спостерігалось значне підвищення схожості насіння і покращення початкового росту рослин у варіантах з добривом порівняно з контрольними зразками. Підвищені дози добрива сприяли збільшенню висоти рослин і розвитку кореневої системи, що вказує на його ефективність.

Ячмінь також виявив високу чутливість до добрива на ранніх стадіях розвитку. На 10-й день після посіву у варіантах з добривом було відзначено покращення росту і розвитку рослин. Особливо помітним було збільшення кількості листків і загальної біомаси рослин. Це свідчить про позитивний вплив добрива на ріст ячменю.

У таблиці 3.2 наведені результати біотестування технічних культур соняшника (*Helianthus annuus*) та ріпака (*Brassica napus*) при використанні

органічної рідкої суміші на основі курячого посліду. Включені дані про число пророслих насінин, довжину кореня та пагона на різних стадіях розвитку рослин. Це дозволяє оцінити ефективність добрива і його вплив на ріст і розвиток технічних культур.

Таблиця 3.2 - Результати проведення біотестування на технічних культурах.

Культура	Число пророслих насінин	Довжина кореня (мм)	Довжина пагона (мм)
Соняшник(<i>Helianthus annuus</i>)	17	40	63
Ріпак (<i>Brassica napus</i>)	16	36	58
Контроль (<i>Helianthus annuus</i>)	15	32	51
Контроль (<i>Brassica napus</i>)	14	21	49

Соняшник реагував на внесення добрива на більш пізніх стадіях розвитку. Початковий ріст рослин не показав значних відмінностей між контрольними та експериментальними зразками. Однак на стадії формування справжніх листків (приблизно на 14-й день) почали проявлятися позитивні ефекти добрива. Було відзначено покращення висоти рослин і розвитку кореневої системи на пізніх стадіях розвитку.

Подібно до соняшника, ріпак демонстрував реакцію на добрива на пізніших стадіях розвитку. Перші відмінності між контрольними і обробленими рослинами стали помітними на стадії утворення 3-4 справжніх листків (приблизно на 18-й день). Добриво сприяло збільшенню біомаси і покращенню загального стану рослин.

Результати біотестування на технічних культурах показують, що органічна рідка суміш на основі курячого посліду сприяє покращенню проростання насіння і росту коренів та пагонів.

Застосування добрива позитивно вплинуло на всі досліджувані параметри технічних культур, що свідчить про його ефективність як засобу покращення росту рослин.

Для оцінки впливу органічної рідкої суміші на основі курячого посліду на проростання та ріст тестових культур було проведено біотестування з використанням крес-салату (*Lepidium sativum*) та редису червоного з білим кінчиком (*Raphanus sativus*). У таблиці 3.3 наведено дані про біотестування класичних культур крес-салату (*Lepidium sativum*) та редису червоного з білим кінчиком (*Raphanus sativus*).

Таблиця 3.3 - Результати проведення біотестування на класичних тестових культурах

Культура	Число пророслих насінин	Довжина кореня (мм)	Довжина пагона (мм)
Крес-салат(<i>Lepidium sativum</i>)	18	51	73
Редис червоний з білим кінчиком (<i>Raphanus sativus</i>)	17	48	69
Контроль (<i>Lepidium sativum</i>)	15	39	56
Контроль (<i>Raphanus sativus</i>)	14	35	53

Результати показали, що застосування органічного добрива сприяло покращенню всіх досліджених параметрів порівняно з контрольними зразками. Крес-салат (*Lepidium sativum*) продемонстрував збільшення числа пророслих насінин до 18 (на 3 більше, ніж у контролі), а також значне зростання довжини кореня (5.1 см проти 3.9 см у контролі) та пагона (7.3 см проти 5.6 см у контролі).

Крес-салат є однією з найбільш чутливих культур до малих доз добрив. Вже на 5-й день після посіву спостерігалися значні відмінності в рості рослин між контрольними і обробленими варіантами. Добриво сприяло підвищенню схожості насіння, збільшенню висоти рослин і кількості листків.

Редис червоний з білим кінчиком (*Raphanus sativus*) показав подібні результати: число пророслих насінин зросло до 17 (на 3 більше, ніж у контролі), довжина кореня збільшилася до 4.8 см (порівняно з 3.5 см у контролі), а довжина пагона досягла 6.9 см (проти 5.3 см у контролі).

Редис також виявив високу чутливість до добрив на ранніх стадіях розвитку. На 7-й день після посіву спостерігалось покращення росту рослин і збільшення біомаси у варіантах з добривом. Це свідчить про позитивний вплив добрива на ріст редису.

На рисунку 3.1 наведено дані про кількість пророслих насінин з використанням органічної рідкої суміші на основі курячого посліду.

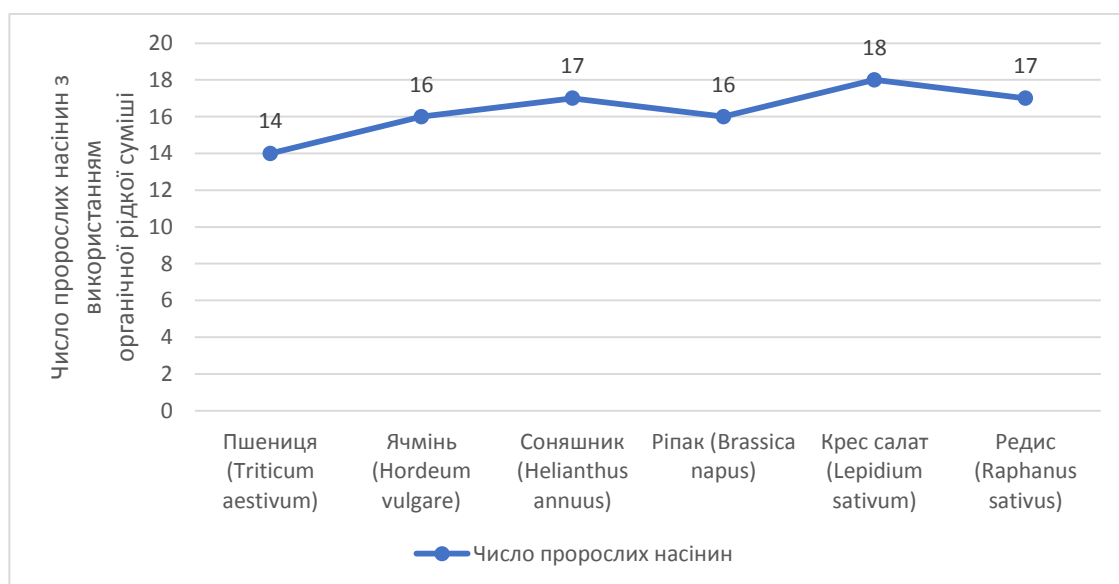


Рисунок 3.1 – Кількість пророслих насінин дослідних культур з використанням органічної рідкої суміші на основі курячого посліду.

Ці дані ілюструють вплив органічної рідкої суміші на різні культури під час їхнього посіву та розвитку. Культури показали високу пророслисть насінин, що свідчить про позитивний вплив досліджуваної суміші як на стартові етапи росту, так і на загальний розвиток рослин.

Кількість пророслих насінин після використання органічної рідкої суміші може свідчити про її вплив на збільшення проростання насіння різних

культур. Високі значення у крес салату та редису вказують на те, що ця суміш сприяє кращому росту насіння деяких рослин, що може бути корисним для збільшення врожаю.

Органічні рідкі суміші містять поживні речовини і мікроорганізми, які підвищують родючість ґрунту. Така суміш покращує структуру ґрунту, підвищує вміст органічної речовини і забезпечує необхідні мікроелементи для рослинного росту. Високе число пророслих насінин може свідчити про те, що ґрунт, який оброблено такими сумішами, стає більш сприятливим для росту і розвитку рослин.

На рисунку 3.2 наведено дані про кількість пророслих насінин в контрольних варіантах.

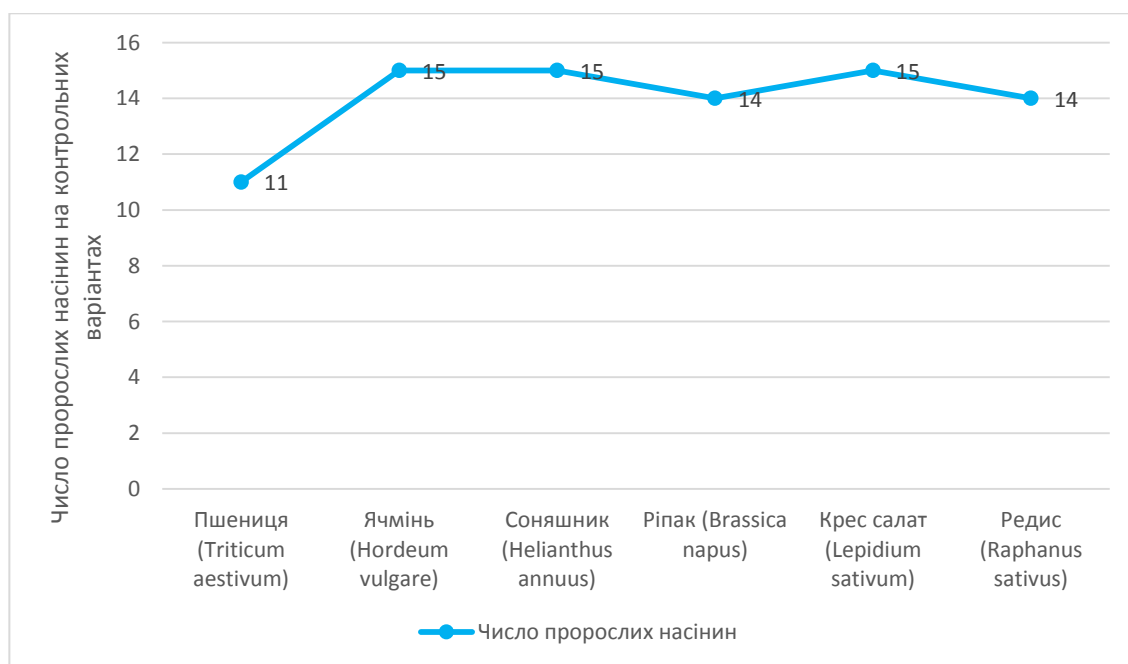


Рисунок 3.2 – Кількість пророслих насінин дослідних культур в контрольних варіантах без додавання органічної рідкої суміші на основі курячого посліду.

Кількість пророслих насінин в контрольних варіантах без органічної рідкої суміші свідчить про базовий рівень проростання насіння різних культур. У порівнянні з даними дослідних варіантів з додаванням суміші на

основі курячого посліду, можна оцінити, чи є покращення в умовах проростання в результаті застосування додаткових органічних речовин.

Контрольні варіанти демонструють, як ґрунт у стандартних умовах без додаткових органічних добрив підтримує ріст рослин. Порівняння результатів з тими, коли застосовано органічну рідку суміш, дозволяє оцінити, чи є потенційні переваги використання таких сумішей для підвищення плодючості ґрунту і підтримки здоров'я рослин.

Одним із ключових показників, що використовуються в таких дослідженнях, є висота пагонів. Цей показник дозволяє оцінити загальний стан рослин, їхню реакцію на застосовані добрива або інші агротехнічні прийоми, а також можливий токсичний вплив досліджуваних речовин.

На рисунку 3.3 зображено порівняння середньої висоти пагонів дослідних зернових культур

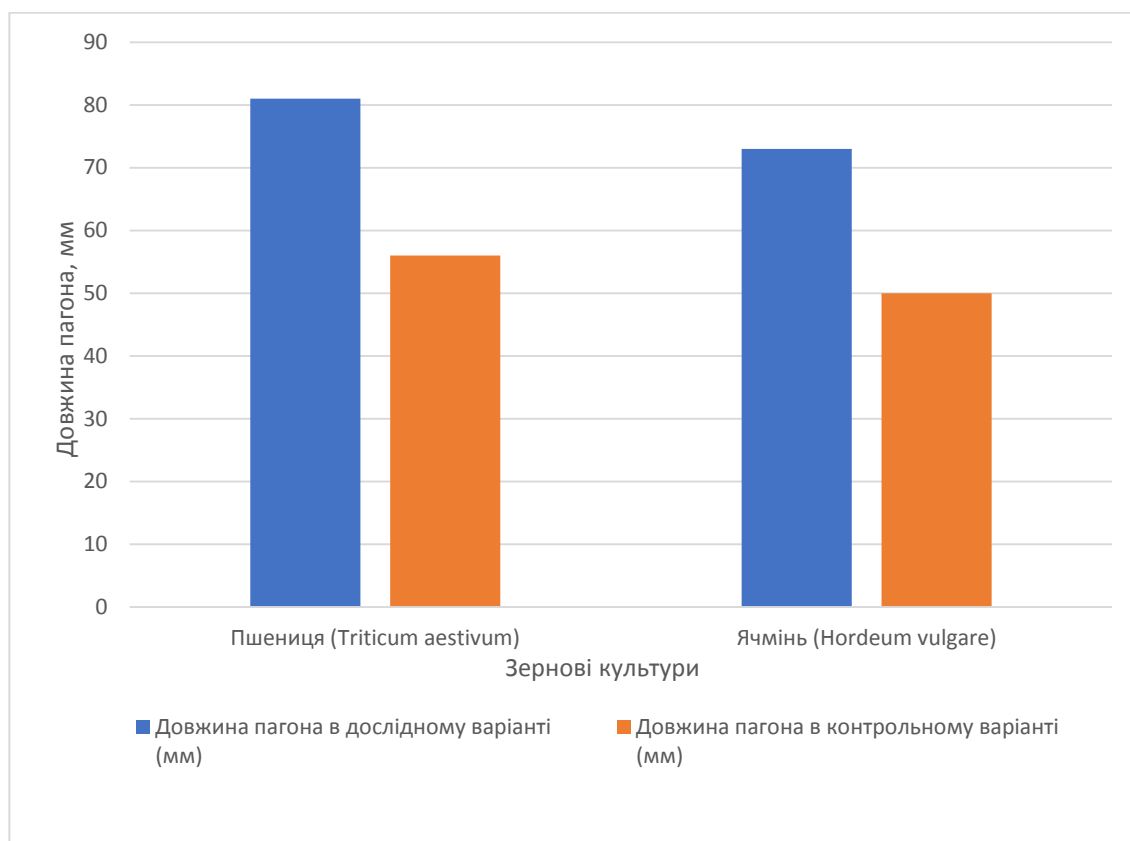


Рисунок 3.3 - Порівняння середньої висоти пагонів дослідних зернових культур

Результати порівняння середньої довжини пагонів пшениці та ячменю у контрольному та дослідному варіантах. У дослідному варіанті використовувалася органічна рідка біомаса після анаеробного ферментування суміші на основі курячого посліду, тоді як у контрольному варіанті застосовувалася лише вода.

Результати показують, що середня довжина пагона пшениці у дослідному варіанті склала 81 мм, що на 25 мм більше, ніж у контрольному варіанті (56 мм). Це свідчить про значний позитивний вплив органічної рідкої біомаси на ріст пшениці.

Аналогічно, для ячменю середня довжина пагона у дослідному варіанті була 73 мм, що на 23 мм більше, ніж у контрольному варіанті (50 мм). Це також вказує на позитивний вплив ППББ на ріст ячменю.

Результати дослідження показують, що застосування ППББ позитивно впливає на ріст зернових культур. Середня висота пагонів у дослідних групах була значно вищою порівняно з контрольними групами, що свідчить про сприятливий ефект ППББ на розвиток рослин.

На рисунку 3.4 зображено порівняння середньої висоти пагонів дослідних технічних культур

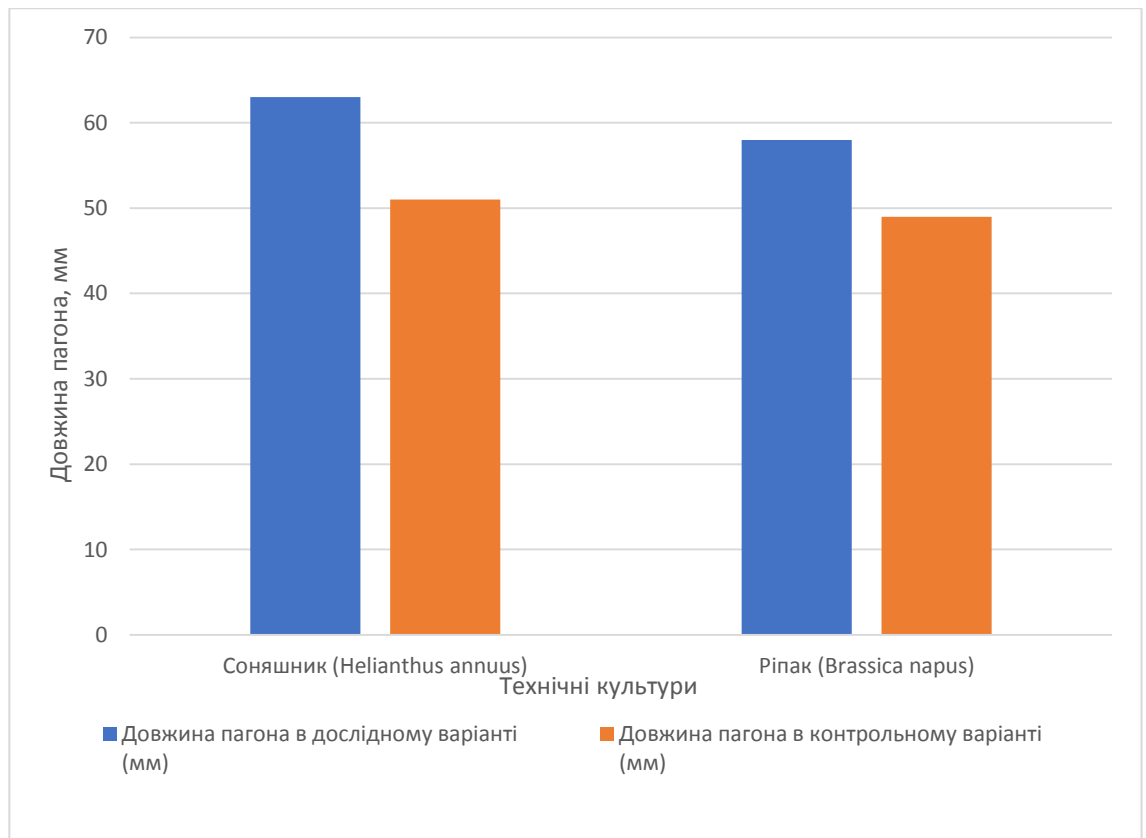


Рисунок 3.4 - Порівняння середньої висоти пагонів дослідних технічних культур

Результати порівняння середньої довжини пагонів соняшника та ріпака у контрольному та дослідному варіантах. У дослідному варіанті використовувалася органічна рідка біомаса після анаеробного ферментування суміші на основі курячого посліду, тоді як у контрольному варіанті застосовувалася лише вода.

Результати показують, що середня довжина пагона соняшника у дослідному варіанті склала 63 мм, що на 12 мм більше, ніж у контрольному варіанті (51 мм). Це свідчить про значний позитивний вплив органічної рідкої біомаси на ріст соняшника.

Для ріпака середня довжина пагона у дослідному варіанті була 58 мм, що на 9 мм більше, ніж у контрольному варіанті (49 мм). Це також вказує на позитивний вплив ППББ на ріст ріпака.

Результати дослідження показують, що застосування ППББ позитивно впливає на ріст технічних культур. Середня висота пагонів у дослідних групах була значно вищою порівняно з контрольними групами, що свідчить про сприятливий ефект ППББ на розвиток рослин.

На рисунку 3.5 зображено порівняння середньої висоти пагонів дослідних класичних тестових культур

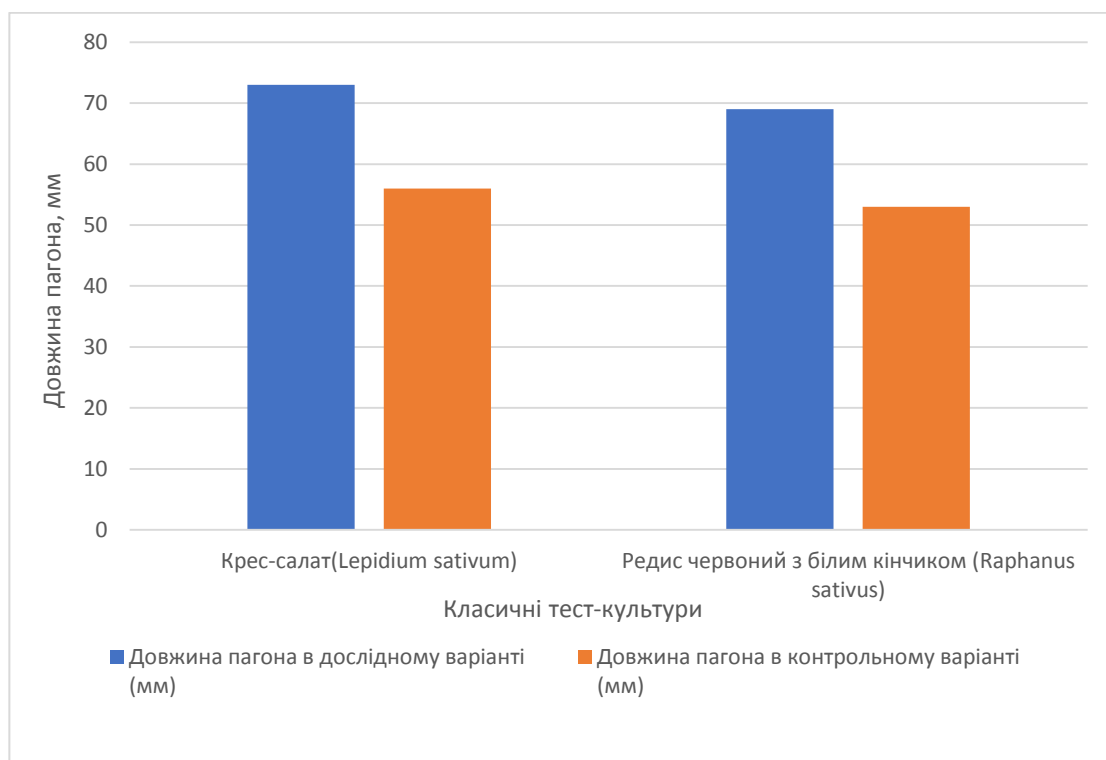


Рисунок 3.5 - Порівняння середньої висоти пагонів дослідних класичних тестових культур

Результати порівняння середньої довжини пагонів крес-салату та редису у контрольному та дослідному варіантах. У дослідному варіанті використовувалася органічна рідка біомаса після анаеробного ферментування суміші на основі курячого посліду, тоді як у контрольному варіанті застосовувалася лише вода.

Результати показують, що середня довжина пагона крес-салату у дослідному варіанті склала 73 мм, що на 17 мм більше, ніж у контрольному варіанті (56 мм). Це свідчить про значний позитивний вплив органічної рідкої біомаси на ріст крес-салату.

Для редису середня довжина пагона у дослідному варіанті була 69 мм, що на 16 мм більше, ніж у контрольному варіанті (53 мм). Це також вказує на позитивний вплив ППББ на ріст редису.

Отримані результати дозволяють рекомендувати використання ППББ як ефективного добрива, що підвищує продуктивність рослин і сприяє стійкому сільськогосподарському виробництву.

За даних умов проведення біотестування, гербіцидний ефект не був підтверджений. Проміжний продукт біометанового бродіння не показав значного впливу на пригнічення росту тестових культур, а натомість був оцінений за його потенціалом як добрива для сільськогосподарських культур.

3.2 Оцінка надходження токсичних речовин у ґрунт

Аналіз надходження токсичних речовин у ґрунт є критичним аспектом при застосуванні органічних добрив, отриманих після анаеробного ферментування суміші на основі курячого посліду. Важливо визначити, чи викликає використання таких добрив токсикологічний вплив на ріст рослин та екологічний стан ґрунту.

Для оцінки надходження токсичних речовин у ґрунт були проведені експериментальні дослідження, де основною складовою досліджуваної суміші був курячий послід після анаеробного ферментування. Зразки ґрунту, на який наносили дану суміш, аналізувалися на вміст амонію (NH_4^+), нітратів (NO_3^-) та важких металів (кадмій, свинець, мідь). Порівняння проводилося з контрольними зразками ґрунту без додавання органічних речовин.

У таблиці 3.4 наведені порівняльні дані про концентрації амонію у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку:

Таблиця 3.4 - Концентрації амонію у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку

Параметр	Контрольний зразок (мг/кг)	Дослідний зразок (мг/кг)
NH_4^+	10	15
Допустима норма NH_4^+	≤ 20	≤ 20

Результати показують, що рівень амонію та нітратів у ґрунті після застосування органічної рідкої суміші на основі курячого посліду не перевищує допустимі норми. Зокрема, концентрація амонію залишалася на рівні, який не спричиняє амонійну токсичність, яка проявляється уповільненням росту рослин та пригніченням кореневої системи.

У таблиці 3.5 наведені порівняльні дані про концентрації нітратів у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку:

Таблиця 3.5 - Концентрації нітратів у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку

Параметр	Контрольний зразок (мг/кг)	Дослідний зразок (мг/кг)
NO_3^-	5	8
Допустима норма NO_3^-	≤ 10	≤ 10

Наведені дані підтверджують, що рівень нітратів залишається у межах, які не викликають нітратну токсичність. Аналіз проб ґрунту показав, що концентрація нітратів незначно підвищилася, але не перевищила екологічно безпечні показники.

У таблиці 3.6 наведені порівняльні дані про концентрації важких металів у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку:

Аналіз важких металів (кадмій, свинець, мідь) у ґрунті показав, що їхній вміст після внесення органічної рідкої суміші не перевищує допустимі екологічні норми. Це важливо, оскільки надмірне накопичення важких металів може негативно впливати на мікрофлору ґрунту та рослини

Таблиця 3.6 - Концентрації важких металів у ґрунті після внесення органічної суміші та у контрольному зразку

Параметр	Контрольний зразок (мг/кг)	Дослідний зразок (мг/кг)	Допустима норма (мг/кг)
Кадмій	0,1	0,1	≤ 0,3
Свинець	0,5	0,6	≤ 1,0
Мідь	1,0	1,2	≤ 3,0

Результати проведених досліджень показують, що застосування органічної рідкої суміші на основі курячого посліду після анаеробного ферментування не спричиняє токсикологічного впливу на ріст рослин. Концентрації амонію, нітратів та важких металів у ґрунті залишаються у межах екологічно безпечних норм, що свідчить про мінімальний екологічний вплив технологій переробки відходів Миронівської птахофабрики. Таким чином, використання даних органічних добрив є екологічно безпечним і може бути рекомендовано для застосування у сільськогосподарській практиці.

3.3 Потенційні економічні переваги проведення біодіагностики на тестових культурах

У виробничих процесах сучасного сільськогосподарського сектора екологічна стійкість та оптимізація використання ресурсів є ключовими

аспектами. Приватне акціонерне товариство «Миронівська птахофабрика», спеціалізуючись на виробництві птахівницьких продуктів, зіткнулося з необхідністю ефективного управління сільськогосподарськими відходами та зниженням впливу на довкілля.

Одним з потенційних рішень, що має значний економічний і екологічний потенціал, є впровадження біодіагностики на тестових культурах. Це дозволяє не лише оцінити ефективність використання органічних рідких добрив на основі пташиного посліду, а й підвищити ефективність виробничих процесів, знижуючи витрати на хімічні добрива та покращуючи якість ґрунтів і врожай.

В сучасному світі зростає усвідомлення необхідності сталого розвитку в агропромисловому секторі, особливо у контексті зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та підвищення ефективності використання ресурсів. Приватне акціонерне товариство «Миронівська птахофабрика», яке є одним з провідних виробників птахівницьких продуктів в Україні, активно розвивається в напрямку вдосконалення виробничих технологій та управління відходами. Одним із стратегічних напрямків є впровадження нових технологій, спрямованих на зниження екологічного відбитку підприємства та підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Біодіагностика на тестових культурах є ефективним інструментом для систематичної оцінки впливу різних агропромислових технологій та добрив на якість ґрунтів та рослинний світ.

В контексті «Миронівської птахофабрики» це стає особливо важливим, оскільки виробничий процес пов'язаний з значним обсягом відходів, які потребують відповідального та ефективного управління. Біодіагностика дозволяє:

1. Оцінювати вплив органічних рідких добрив на основі пташиного посліду. Дослідження на різних тест-культурах (зернові, технічні культури,

спеціалізовані тест-культури) дозволяють встановити, як ці добрива впливають на фітотоксичність та біорізноманіття ґрунтових екосистем.

2. Оптимізувати використання ресурсів та зменшити витрати. Використання органічних рідких добрив може сприяти зниженню витрат на хімічні добрива та мінеральні ресурси, які необхідні для їх виробництва. Це важливо з точки зору економічної ефективності підприємства.

3. Покращувати якість ґрунту та підвищувати врожайність. Вивчення впливу добрив на різні культури дозволяє вдосконалювати технології вирощування, що може призвести до підвищення врожайності та якості продукції.

4. Забезпечувати дотримання міжнародних стандартів. Результати біодіагностики служать науковим підґрунтям для впровадження сучасних стандартів якості продукції, що є важливим фактором для конкурентоспроможності на міжнародному ринку.

Впровадження біодіагностики на тестових культурах має значний потенціал для покращення економічних показників «Миронівської птахофабрики». Основні економічні переваги включають:

1. Оптимізація використання органічних рідких добрив на основі пташиного посліду може значно знизити витрати птахофабрики на придбання та використання хімічних добрив.

2. Використання біологічно активних добрив сприяє збереженню якості ґрунтів та зменшенню впливу на природні екосистеми, що може мати позитивний вплив на імідж підприємства та залучати нових споживлених інвесторів, які цінують екологічно відповідальні підходи.

3. Використання оптимальних добривних розчинів на основі пташиного посліду дозволяє покращити фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунтів. Це сприяє збільшенню врожайності культурних рослин і підвищенню якості сільськогосподарської продукції, що відповідає високим стандартам якості та здоров'я споживачів.

4. Перехід на використання органічних рідких добрив сприяє зниженню викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, а також зменшенню негативного впливу на біорізноманіття. Це важливий аспект у виконанні зобов'язань перед місцевими та міжнародними стандартами сталого розвитку.

Для досягнення максимальних ефектів впровадження біодіагностики на Миронівській птахофабриці важливо розглядати цей процес як складову частину системного підходу до управління виробництвом та екологічною безпекою. Системність досліджень охоплює:

1. Проведення регулярного моніторингу фізико-хімічних та біологічних показників ґрунтів дозволяє вчасно виявляти зміни, пов'язані з впливом добрив, та приймати необхідні заходи для їх коригування.

2. Отримані відомості про ефективність різних технологій та добрив аналізуються з метою вибору оптимальних варіантів для покращення виробничих процесів. Впровадження знань, набутих в ході досліджень, є ключовим кроком досягнення економічних та екологічних переваг.

3. Впровадження нових технологій і методів дозволяє підприємству залишатися конкурентоспроможним на ринку, збільшувати продуктивність та знижувати вплив на довкілля. Інновації включають в себе як технологічні зміни, так і організаційні новації у системі управління підприємством.

Застосування біодіагностики на тестових культурах на Миронівській птахофабриці відкриває широкі перспективи для подальшого розвитку підприємства і збільшення його впливу на агропромисловий сектор України. Впровадження сучасних технологій, що сприяють збереженню ресурсів та підвищенню продуктивності, є необхідним елементом стратегії сталого розвитку.

Основні напрями для подальшого розвитку включають:

1. Залучення наукових установ і експертів для спільного проведення досліджень та апробації нових технологій.

2. Навчання та підготовка персоналу у сфері використання новітніх агротехнологій і методів управління відходами.
3. Підготовка та адаптація отриманих результатів для застосування в інших секторах сільськогосподарського виробництва.

Впровадження біодіагностики на тестових культурах на Миронівській птахофабриці відкриє нові можливості для покращення екологічної стійкості виробничих процесів, зменшення екологічного відбитку та підвищення економічної ефективності підприємства. Це дозволяє компанії зайняти лідерські позиції у сфері сталого розвитку та забезпечити стабільний ріст на ринку, зберігаючи при цьому високі стандарти якості та екологічної безпеки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки при відборі проб рідкої біомаси

Відбір проб рідкої біомаси після анаеробного ферментування є важливим процесом на Миронівській птахофабриці. Це дозволяє оцінити ефективність біологічного перероблення курячого посліду, який є сировиною для виробництва біогазу. Однак цей процес також пов'язаний з певними ризиками для персоналу, тому необхідно дотримуватися певних заходів безпеки.

Перед початком відбору проб необхідно перевірити технічний стан обладнання та інструментів, які будуть використовуватися. Всі пристрої мають відповідати вимогам безпеки, а персонал повинен бути належно ознайомлений з їх використанням.

Особа, яка здійснює відбір проб, має використовувати індивідуальні засоби захисту (ІЗЗ), такі як захисний одяг, рукавички, респіратори, а також окуляри або щитки для захисту обличчя. Це запобігає можливим контактам з рідиною, яка може містити шкідливі мікроорганізми або хімічні речовини.

Зважаючи на можливе виділення небезпечних газів під час відбору проб, необхідно забезпечити контроль за станом атмосфери на місці роботи. Використовуються газоаналізатори для визначення рівня метану, сірководню та інших газів, які можуть представляти небезпеку.

Вимоги до освітлення повинні відповідати стандартам безпеки. Нестача світла може призвести до травм або неправильної оцінки стану середовища.

Перед початком робіт персонал повинен ознайомитися з інструкціями з відбору проб та правилами безпеки, а також слідувати їм протягом усіх робіт.

На місці роботи має бути доступ до засобів першої допомоги, а також персонал повинен знати процедури реагування на екстрені ситуації, такі як викид небезпечних газів чи контакту з небезпечною рідиною [51].

4.2 Екологічна безпека при використанні продуктів біометанового бродіння

Біометанове бродіння є важливим процесом у переробці органічних відходів, таких як курячий послід, на екологічно безпечні продукти. Продукти цього процесу можуть використовуватися в якості добрив або джерела енергії. Проте важливо забезпечити екологічну безпеку на всіх етапах виробництва та використання цих продуктів, щоб мінімізувати можливі негативні впливи на навколишнє середовище.

Продукти біометанового бродіння, такі як дигестат, можуть бути використані як високоякісні органічні добрива. Вони містять важливі для рослин поживні речовини, включаючи азот, фосфор і калій. Проте, щоб уникнути забруднення ґрунтів і водних ресурсів, необхідно контролювати склад і дозування цих добрив. Регулярний моніторинг хімічного складу та рівня забруднювачів, таких як важкі метали і патогени, є необхідним для забезпечення безпечного використання.

Одним з головних екологічних переваг біометанового бродіння є зниження викидів парникових газів. Метан, який утворюється під час анаеробного розкладання органічних відходів, може бути зібраний і використаний як біогаз, що зменшує його викиди в атмосферу. Це сприяє зниженню глобального потепління та поліпшенню якості повітря.

Процес біометанового бродіння дозволяє ефективно управляти органічними відходами, зокрема курячим послідом, що зменшує навантаження на сміттєзвалища і попереджає забруднення довкілля. Застосування відповідних технологій з переробки відходів знижує ризики забруднення ґрунтових і поверхневих вод.

Отриманий біогаз може використовуватися як джерело відновлюваної енергії, що сприяє зменшенню залежності від викопних палив і зниженню викидів CO₂. Використання біогазу в енергетичних установках дозволяє зменшити екологічний вплив традиційних енергетичних ресурсів і сприяє розвитку зеленої енергетики.

Необхідно здійснювати регулярний екологічний моніторинг процесу біометанового бродіння, включаючи аналіз якості сировини, кінцевих продуктів та викидів. Це допомагає виявляти і запобігати потенційним екологічним загрозам.

Використання продуктів біометанового бродіння має відповідати чинним нормативним актам та стандартам екологічної безпеки. Це включає правильне оформлення документації, дотримання норм і правил щодо зберігання та використання відходів і продуктів переробки.

Забезпечення екологічної безпеки також залежить від компетентності персоналу. Регулярні тренінги та освітні програми для працівників допомагають підвищити їхню обізнаність щодо екологічних ризиків і методів їх мінімізації.

Забезпечення екологічної безпеки при використанні продуктів біометанового бродіння є важливим аспектом сталого розвитку. Це сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, ефективному управлінню ресурсами та розвитку відновлюваної енергетики. Дотримання всіх вищезгаданих заходів дозволяє забезпечити безпечне і ефективне використання продуктів біометанового бродіння, зберігаючи при цьому природні ресурси та захищаючи здоров'я населення [52].

4.3 Заходи безпеки при роботі в лабораторії

Дослідження продуктів біометанового бродіння на основі курячого посліду в лабораторних умовах вимагає дотримання суворих заходів безпеки. Це пов'язано з наявністю біологічних та хімічних ризиків, що можуть виникнути під час роботи з органічними відходами і продуктами їх переробки. Впровадження відповідних заходів безпеки є ключовим для захисту здоров'я працівників і запобігання можливим негативним впливам на навколишнє середовище.

Перед початком будь-яких робіт необхідно ознайомити персонал з правилами та інструкціями з безпеки. Всі працівники повинні пройти відповідний інструктаж та навчання, що охоплює основні принципи роботи з хімічними та біологічними матеріалами, використання лабораторного обладнання, а також процедури надання першої допомоги.

При роботі в лабораторії з продуктами біометанового бродіння необхідно використовувати відповідні особисті засоби захисту (ОЗЗ). Це включає захисні халати, рукавички, захисні окуляри або щитки, а також респіратори чи маски при роботі з леткими речовинами. Використання ОЗЗ дозволяє мінімізувати ризик контакту з потенційно небезпечними матеріалами.

Для забезпечення безпеки робочого середовища необхідно використовувати ефективну вентиляцію. Лабораторія повинна бути оснащена витяжними шафами для роботи з леткими хімічними речовинами та газами. Регулярний моніторинг якості повітря дозволяє вчасно виявляти перевищення допустимих концентрацій шкідливих речовин і вживати відповідних заходів.

Під час роботи з хімічними реактивами, які використовуються для аналізу продуктів біометанового бродіння, необхідно дотримуватися правил зберігання, маркування та утилізації цих речовин. Всі хімічні реактиви повинні зберігатися у відповідних умовах, які запобігають їх розливу або змішуванню. Особливу увагу слід приділяти небезпечним речовинам, таким як кислоти, луги та органічні розчинники.

Продукти біометанового бродіння можуть містити патогенні мікроорганізми. Тому при роботі з ними необхідно використовувати засоби біологічного захисту. Всі процедури повинні виконуватися у ламінарних боксах або витяжних шафах, обладнаних НЕРА-фільтрами. Після завершення робіт всі поверхні і обладнання повинні бути дезінфіковані.

Лабораторні відходи повинні утилізуватися відповідно до встановлених норм і правил. Для цього необхідно використовувати спеціальні контейнери для збору біологічних та хімічних відходів, які згодом повинні бути передані до відповідних служб для безпечної утилізації.

Персонал повинен бути підготовлений до дій у випадку аварійних ситуацій, таких як розлив хімічних речовин, пожежа або контакт з небезпечними матеріалами. В лабораторії повинні бути наявні засоби для надання першої допомоги, а також обладнання для швидкої локалізації і ліквідації аварій, такі як протипожежні засоби, абсорбенти для розливів та очисники повітря.

Дотримання заходів безпеки при роботі в лабораторії є критично важливим для забезпечення здоров'я і безпеки персоналу, а також для запобігання негативним екологічним наслідкам. Впровадження систематичного підходу до управління ризиками дозволяє мінімізувати потенційні загрози і забезпечити безпечне проведення досліджень продуктів біометанового бродіння на основі курячого посліду [53].

4.4 Оцінка потенційних ризиків при проведенні біотестування в лабораторних умовах

Біотестування є важливою складовою екологічного моніторингу та контролю якості продуктів біометанового бродіння. Це включає проведення досліджень на зернових та технічних тест-культурах, які дозволяють оцінити вплив біопродуктів на ріст і розвиток рослин. Однак процес біотестування в лабораторних умовах пов'язаний з рядом потенційних ризиків, які необхідно враховувати для забезпечення точності результатів і безпеки працівників.

При проведенні біотестування використовуються різноманітні хімічні реактиви для підготовки зразків і проведення аналізів. Ці реактиви можуть бути токсичними, корозійними або вибухонебезпечними. Неправильне поводження з хімічними речовинами може призвести до розливу, утворення шкідливих випарів або хімічних опіків. Тому важливо дотримуватися правил зберігання, маркування та використання хімічних речовин.

Продукти біометанового бродіння можуть містити патогенні мікроорганізми, які становлять ризик для здоров'я працівників. Контакт з інфікованими матеріалами може спричинити захворювання або алергічні реакції. Необхідно забезпечити належні умови для роботи з біологічними матеріалами, включаючи використання засобів індивідуального захисту (ОЗЗ) і дотримання протоколів безпеки.

Лабораторне обладнання, таке як центрифуги, автоклави та інші пристрої, може становити механічний ризик при неправильному використанні. Неправильне завантаження центрифуги може призвести до дисбалансу і поломки пристрою, що загрожує травмами працівників. Важливо дотримуватися інструкцій щодо експлуатації обладнання і проводити регулярне технічне обслуговування.

Відходи, які утворюються під час біотестування, можуть містити залишки хімічних реактивів і біологічних матеріалів. Неправильне поводження з цими відходами може призвести до забруднення навколишнього середовища. Необхідно впровадити ефективну систему збору, зберігання і утилізації лабораторних відходів, дотримуючись екологічних норм і стандартів.

Робота з лабораторним обладнанням і матеріалами може спричинити фізичні ризики, такі як порізи, опіки або удари. Використання гострих інструментів, гарячих плит і іншого обладнання вимагає підвищеної уваги і обережності. Працівники повинні бути забезпечені необхідними засобами захисту і проходити регулярні інструктажі з безпеки.

Всі працівники лабораторії повинні проходити регулярне навчання і інструктаж з техніки безпеки, що включає правила роботи з хімічними і біологічними матеріалами, використання лабораторного обладнання та дії у випадку аварійних ситуацій.

Забезпечення працівників належними особистими засобами захисту (ОЗЗ) є ключовим фактором для зменшення ризиків. Це включає захисний одяг, рукавички, окуляри, маски і респіратори.

Регулярний контроль і моніторинг стану лабораторного обладнання і робочих зон дозволяє виявляти і усувати потенційні загрози. Важливо також проводити систематичний моніторинг якості повітря і рівня забруднень у лабораторії.

Ефективна система управління відходами повинна забезпечувати безпечне збирання, зберігання і утилізацію всіх лабораторних відходів відповідно до встановлених норм і стандартів.

Розробка і впровадження плану дій у випадку аварійних ситуацій дозволяє швидко і ефективно реагувати на будь-які інциденти, мінімізуючи їх наслідки для працівників і навколишнього середовища.

Оцінка і управління потенційними ризиками при проведенні біотестування в лабораторних умовах є необхідним для забезпечення безпеки працівників, точності результатів досліджень і захисту навколишнього середовища. Комплексний підхід до впровадження заходів безпеки дозволяє створити безпечне і ефективне робоче середовище, що є основою успішного проведення наукових досліджень [54].

ВИСНОВКИ

Ефективне управління сільськогосподарськими відходами є однією з ключових екологічних і економічних задач сучасного аграрного сектору. В умовах підвищеного інтересу до стійких практик та зниження негативного впливу на навколишнє середовище, дослідження щодо переробки відходів птахофабрик набувають особливої актуальності. Миронівська птахофабрика демонструє зразковий підхід до утилізації своїх відходів, що сприяє як зменшенню екологічного навантаження, так і покращенню агроекологічної ситуації в регіоні.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що використання продукту біометанового бродіння як добрива є екологічно безпечним та ефективним. Біометанове добриво, отримане в результаті анаеробного розкладання відходів птахофабрики, не лише забезпечує рослини необхідними поживними речовинами, але й сприяє зниженню використання хімічних добрив, що має суттєве значення для збереження здоров'я ґрунтів та водних ресурсів.

Дослідження показали, що продукт біометанового збродження позитивно впливає на проростання та розвиток ряду сільськогосподарських культур, включаючи пшеницю, ячмінь, соняшник, ріпак, крес-салат та редис. Зокрема, спостерігалось підвищення відсотка пророслих насінин та довжини пагонів у дослідних варіантах порівняно з контрольними. Ці результати свідчать про високу агрономічну цінність добрива та його здатність забезпечувати рослини необхідними макро- та мікроелементами.

Окрім поживних властивостей, таке добриво має також гербіцидний ефект, що дозволяє знижувати популяцію бур'янів на оброблюваних полях.

Це відкриває можливості для зменшення використання хімічних гербіцидів, що в свою чергу знижує екологічне навантаження на агроєкосистеми та покращує екологічний стан довкілля. Виявлення таких властивостей підкреслює важливість подальших досліджень у напрямку розробки нових біологічних засобів захисту рослин.

«Миронівська птахофабрика» також приділяє значну увагу безпеці та екологічності процесів утилізації відходів. Анаеробне зброджування, яке використовується для переробки відходів, є ефективною технологією, що дозволяє зменшити викиди метану в атмосферу, сприяє зниженню неприємних запахів та запобігає забрудненню ґрунтових і поверхневих вод. Ця технологія дозволяє утилізувати органічні відходи в екологічно безпечний спосіб, з мінімальним впливом на навколишнє середовище.

Миронівська птахофабрика використовує систематичний підхід до моніторингу та контролю за якістю повітря, води та ґрунту у своїх виробничих зонах. Це дозволяє виявляти потенційні екологічні ризики на ранніх стадіях та оперативно їх усувати, що сприяє збереженню екологічної рівноваги в регіоні. Також важливим аспектом є впровадження ефективних систем управління відходами, що забезпечують безпечне збирання, зберігання та утилізацію всіх видів відходів, відповідно до встановлених норм і стандартів.

Значущим є і соціально-економічний ефект від впровадження таких екологічних практик. Птахофабрика створює додаткові робочі місця у сфері управління відходами та виробництва біодобрих, сприяє підвищенню обізнаності місцевого населення щодо екологічних питань та необхідності збереження природних ресурсів. Такий підхід підвищує соціальну відповідальність підприємства та сприяє покращенню якості життя в регіоні.

У підсумку можна зробити висновок, що Миронівська птахофабрика не лише ефективно утилізує свої відходи, але й робить це в екологічно безпечний спосіб, що відповідає принципам стійкого розвитку. Використання продуктів біометанового бродіння як добрив дозволяє зменшити негативний

вплив на навколишнє середовище, покращує агроекологічну ситуацію та сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Подальші дослідження та впровадження інноваційних технологій у цій сфері можуть суттєво змінити підходи до управління сільськогосподарськими відходами, забезпечуючи більш стійке та екологічно безпечне майбутнє для аграрного сектору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Boltianska N., Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Bilbao, Spain 2020. Pp. 431–433.
2. Manita I. Y. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. Engineering of nature management. (1(19), 2021. Pp. 7–12/
3. Кількість сільськогосподарських тварин на 01 листопада 2021 року. Державна служба статистики України: Тваринництво. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/sg/ksgt/arh_ksgt2021_u.html (дата звернення:(14.03.2024)
4. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. // Multidisciplinary academic research. Abstracts of International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. Pp. 83-86.
5. Yardımcı M. Waste to Wealth Strategies: Recycling Poultry Manure. Kocatepe Veterinary Journal. 2013, 6(1), Pp. 69–72.
6. Комар А. С. Утилізація відходів птахівництва в Україні. Інноваційні технології в АПК: матер. VII Всеукр. наук.-практ. конф. Луцьк: Луцький НТУ. 2021. С. 62–64.
7. Мельник В. А. Как перерабатывают птичий помет: удобрение и биогаз. Портал «Аграрний тиждень. Україна»: Новина за 15 березня 2019 р. URL: <https://a7d.com.ua/novini/43216-kak-pererabatyvajut-ptichijpomet-udobrenie-i-biogaz.html> (дата звернення: 15.03.2024).
8. Скляр Р. В., Скляр О. Г. Визначення заходів з підвищення енергоефективності сільськогосподарського виробництва. WayScience. Дніпро, 2020. Т.1. С. 118-121

9. Sommer S.G., Christensen M.L., Schmidt T., Jensen L.S. Animal Manure Recycling: Treatment and Management. West Sussex, United Kingdom: Wiley, 2013. 372 p
10. Sklyar R., Boltianska L., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. Processes 2021, 9(7), 1144; <https://doi.org/10.3390/pr9071144>
11. Григоренко С.М., Скляр Р.В. Конверсії вторинної сировини в повноцінну продукцію сільського господарства. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 284-290.
12. Григоренко С.М. Аналіз технології утилізації курячого посліду. Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжн. науково-практ. форуму. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В. Ч1. С.52-56.
13. Лінник М.К., Ляшенко О.О. Технологія прискореного компостування органічних відходів // Вісник аграрної науки.-1999,-№10.-с.56-58.
14. Линник Н.К. Технология ускоренного приготовления экологически чистых торфокомпостов на базе смесителя-аэратора / Н.К. Линник, В.А. Ярощук // Биоконверсия отходов народного хозяйства и охрана окружающей среды : II междунар. конгресс: тезисы докл. - Ивано-Франковск, 1992. - С.94-97.
15. Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки: Випуск 20/ М-во освіти і науки України, Черкаський держ. Технол. Ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2008. – 275с.
16. Гнидюк В)С) Рекомендації по переробці органічних відходів птахофабрик і тваринницьких комплексів методом біологічної ферментації / В)С)Гнидюк.– Івано-Франківськ: Місто-НВ, 2010.–18с.

17. Khamokov, M. M., Shekikhachev, Yu. A., Alov, V. Z., Kurasov, V. S., Fiapshev, A. G., Kisev, M. A. (2012). Optimizatsiia rezhimov raboty ustanovki dlia pererabotki ptich'ego pomieta [Optimization of regime of poultry droppings treatment device]. *KubSAU Scientific Journal*, 75 (01), 1-10.
18. Lysenko, V. P., Ageichkin, A. P., Titov, O. N. (2014). Pererabotka pomieta v fermerskikh zhivotnovodcheskikh khoziaystvakh [Livestock droppings treatment in farming]. *Nowadays farming*, 7, 70-76.
19. Schnurer, A., Jarvis, A. (2010). *Microbiological handbook for biogas plants. Swedish Gas Centre Report 207*. Uppsala: SGG, 138
20. Griffin, M., Mahon, Mc., Mackie, R., Raskin, L. (1998). Methanogenic population dynamic during start-up of anaerobic digesters treating municipal solid waste and biosolids. *Biotechnology and bioengineering*, 57 (3), 342-355.
21. Passos, F., Uggetti, E., Carrere, H., Ferrer, I. (2014) Pretreatment of microalgae to improve biogas production: A review. *Bioresourse technology*, 172, 403-412.
22. Converti, A., Del Borghi, A., Zilli, M., Arni, S., Del Borghi, M. (1999) Anaerobic digestion of the vegetable fraction of municipal refuses: mesophilic versus thermophilic conditions. *Bioprocess Engineering*, 21, 371-376.
23. Cakir A., ozmihci S., Kargi F. Comparison of bio-hydrogen production from hydrolyzed wheat starch by mesophilic and thermophilic dark fermentation. *International Journal Hydrogen Energy*, 35, 13214, 2010
24. Xing Y., Li Z., fan Y., Hou, H. Biohydrogen production from dairy manures with acidification pretreatment by anaerobic fermentation. *Environmental Science Pollution Research* 17, 392, 2010
25. Afilal ME, Elasri O, Merzak Z (2014) Caracte'risations des de'chets organiques et e'valuation du potentiel Biogaz (Organic waste characterization and evaluation of its potential biogas). *J Mater Env, Sci* 5

26. Elasri, O., El amin Afilal, M. Potential for biogas production from the anaerobic digestion of chicken droppings in Morocco. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 5, 195–204 (2016). <https://doi.org/10.1007/s40093-016-0128-4>
27. Van Aarle IM, Perimenis A, Lima-Ramos J, de Hults E, George IF, Gerin PA (2015) Mixed inoculum origin and lignocellulosic substrate type both influence the production of volatile fatty
28. Salam B, Biswas S, Rabbi MS (2015) Biogas from mesophilic anaerobic digestion of cow dung using silica gel as catalyst. *Procedia Eng.* 105:652–657
29. Buenrostro O, Bocco G, Cram S (2001) Classification of sources of municipal solid wastes in developing countries. *Resour Conserv Recycl* 32:29–41.
30. Niu Q, Takemura Y, Kubota K, Li Y-Y (2015) Comparing mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of chicken manure: microbial community dynamics and process resilience. *Waste Manag* 43:114–122
31. Aulakh M.S., Doran J.W., Walters D.T., Power J.F., Mosier A.R. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. *Soil Science Society of America Journal*, 55, 1020-1025, 1991.
32. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Soils and Plants*, Fourth Edition. CRC Press, Boca Raton, 2011.
33. Sims J.T., Wolf D.C. Poultry waste management: Agricultural and environmental issues. *Advances in Agronomy*, 52, 1-83, 1994.
34. Smith K.A., Mosier A.R., Crutzen P.J., Winiwarter W. The role of N₂O derived from crop-based biofuels, and from agriculture in general, in Earth's climate. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367, 1169-1174, 2008.
35. Van Zwieten L., Ayres M.R., Morris S.G. Influence of organic waste on the chemical and microbial properties of an acid clay soil. *Soil Research*, 41, 1193-1202, 2003.

36. Лысенко В. П., Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А. биопрепараты для компостирования птичьего помета // Птицеводство. – 2014. - №3. – С 39-44.
37. Байдевятов, А.Б. Современные проблемы санации и дезинфекции в птицеводстве [Текст] / А.Б. Байдевятов // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції. - Київ, 2000. - С. 12-14.
38. Міланко, О.О. удосконалення дезінфекційних заходів в птахівничих господарствах при змішаних бактеріальних інфекціях [Текст]: автореф. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. вет. наук: 16.00.00 // Міланко Олександр Олександрович. Харківська зооветеринарна академія.-х., 1996.- 16 с.
39. Cartwright, J. (2020). "Advances in Bioassay Methods for Environmental Monitoring". University of California Press
40. O'Connor, S. (2019). "Ecotoxicological Assessment of Agricultural Practices". University of Glasgow Publications.
41. Strauss, M. (2021). "Environmental Impacts of Agricultural Waste Management". Technical University of Munich Press.
42. Miller, A. (2018). "Circular Economy and Sustainable Agriculture". University of Toronto Press
43. Hendrikson, M. (2022). "Corporate Responsibility in Agricultural Enterprises". University of Lund Publishing House.
44. <https://www.mhp.com.ua/uk/pro-kompaniiu/biogaz-ta-mhp-eko-enerdzi>
45. Ружинська Л. І. Огляд конструкцій анаеробних біореакторів [Текст] / Л. І. Ружинська, А. О. Фоменкова, Є. В. Морозова // Комунальне господарство міст, Науково-технічний збірник, серія Технічні науки та архітектура. – 2013. - №107. – С. 330-341.
46. Уминський С.М. Технології одержання біогазу і органічних добрив в агровиробництві [Текст] / С. М. Уминський // Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. – 2013. – Вип. 67. – С. 167-176.

- 47.Безпечна експлуатація газового господарства / Безпека життєдіяльності. – Режим доступу: https://studme.com.ua/14860110/bzhd/ekspluatatsiya_gazovogo_hozyaystva.htm
- 48.Грибан В. Г. Охорона праці: Навчальний посібник [Текст] / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко // К.: Центр учбової літератури. – 2009. – 280 с.
- 49.Таргоня В.С. Визначення обсягів вторинної сировини та розрахунок можливого виходу біогазу на тваринницьких фермах та комплексах: мет. вказ. / В.С.Таргоня, В.В.Оверченко, Б.В. Щербак // К.: НУБПУ, 2013. – 27 с
- 50.Біогазові технології в Україні. Встановлення та робота біогазових установок [Текст]. – Львів: Центр біогазових установок, 2011. – 30с.Режимдоступу:http://cba.org.ua/one/images/stories/CBA_news/Innovations_in_CBA/Vudivnyctvo_i_ekspl_Biogas_2011.pdf
- 51.Грабський, А.М. "Основи охорони праці у виробничій діяльності". - Київ: Вища школа, 2004.
- 52.Брик, В.М., Дишловий, І.О. "Основи екології та безпеки життєдіяльності". - К., 2008.
- 53.ГОСТ 12.1.005-88 "ССБТ. Общие требования безопасности. Общие положения".
- 54.СанПиН 2.3.6.1079-01 "Санитарные нормы и правила "Гигиенические требования к содержанию и организации деятельности в детских учреждениях".