

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

зі спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища”

Тема: Розробка технологічних рішень запровадження біотехнології одержання біогазу із курячого посліду

Завідувач кафедри

Пляцук Л.Д.

_____ (підпис)

Керівник роботи

Васькін Р. А.

_____ (підпис)

Консультант

з охорони праці

Фалько В. В.

_____ (підпис)

Виконавець

студент групи

ТС.М–22

Скиба О. В.

_____ (підпис)

Суми 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедрою _____
“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Скибі Олександр Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка технологічних рішень запровадження біотехнології одержання біогазу із курячого посліду затверджена наказом по університету від “21” листопада 2023 р. № 1315-VI
2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 25 грудня 2023 року _____
3. Вихідні дані до проекту (роботи) хімічний склад біомас, з якої пропонується отримувати біогаз, основні параметри системи анаеробного зброджування.
4. Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
вплив промислового птахівництва на навколишнє середовище, проблеми поводження з відходами птахофабрик , аналіз сучасного стану одержання біогазу з відходів сільського господарства, біохімічні процеси перетворення сировини у біогаз, фізичні та хімічні чинники, які впливають на утворення біогазу, вихід біогазу з різних видів біомаси, технологічні рішення одержання біогазу при коферментації пташиного посліду, вплив співвідношення інокуляту та субстрату на технологічний процес метанового зброджування пташиного посліду, обґрунтування параметрів біотехнологічного процесу отримання біогазу з посліду та очищення води після зневоднення зброженого залишку від іонів амонію, технологічний процес отримання біогазу з посліду з повторним використанням води після зневоднення зброженої біомаси, охороона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) мета роботи, завдання, обект та предмет дослідження, викиди в навколишнє середовище від птахофабрик, схема перетворень субстрату у процесі метанового зброджування, хімічні реакції утворення метану, види перемішування, що використовуються в біореакторах, динаміка виходу

біогазу (V) в процесі ферментації, вихід біогазу на одиницю СОР за 14 діб ферментації при різному початковому вмісті інокуляту, принципіальна апаратурна схема процесу отримання біогазу.

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

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|---------------|--------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці | Фалько В. В. | | |

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|---|---|--|----------|
| 1 | Літературний огляд за досліджуваною проблематикою | Вересень 2023 р. | |
| 2 | Основні методи збору та зберігання ТПВ, утилізація та способи переробки ТПВ | Жовтень 2023 р. | |
| 3 | Визначення ефективності реалізації проекту введення роздільного збору по м. Суми, 2-х контейнерна схема збору ТПВ | Жовтень-листопад 2023 р. | |
| 4 | Складування та переробки твердих побутових відходів | Листопад 2023 р. | |
| 5 | Робота над розділом «Охорона праці» | Грудень 2023 р. | |
| 6 | Оформлення роботи | Грудень 2023 р. | |

7 Дата видачі завдання 25.09.2023 року

Студент

_____ О. В. Скиба

Керівник проекту

_____ Р.А. Васькін

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, шости розділів, висновків, переліку використаних джерел, який містить 61 найменування. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 75 с., у тому числі 5 таблиць, 6 рисунків, 4 додатки, перелік використаних джерел.

Мета роботи – полягає у обґрунтуванні та розробці технологічних рішень одержання біогазу при коферментації пташиного посліду

Для досягнення зазначеної мети, у роботі були поставлені та виконані такі завдання:

визначити косубстрат, використання якого підвищує вихід біогазу та вміст метану в ньому при ферментації посліду птахів;

- розробити технологічну та апаратурну схеми біотехнології одержання біогазу при коферментації пташиного посліду з целюлозовмісною сировиною з одночасним очищенням води від сполук азоту після зневоднення зброженої біомаси після ферментації.

Об'єкт дослідження – процеси метанового зброджування пташиного посліду з різними целюлозовмісними субстратами.

Предмет дослідження. Технологічні параметри процесів коферментації пташиного посліду з різною целюлозовмісною сировиною та очищення води після зневоднення біомаси для повторного її використання.

Методи дослідження. Основними методами дослідження у даній роботі є літературний пошук, методи порівняння, розрахунку, узагальнення, аналізу.

Ключові слова: БІОГАЗ, КОФЕРМЕНТАЦІЯ, ПТАШИНИЙ ПОСЛІД, МЕТАНОВА ФЕРМЕНТАЦІЯ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| Вступ..... | 6 |
| РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ ВПЛИВ ПРОМИСЛОВОГО ПТАХІВНИЦТВА НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ | 8 |
| 1.1 Загальна характеристика промислового птахівництва | 8 |
| 1.2 Вплив птахофабрик на стан навколишнього природного середовища | 9 |
| 1.3 Проблеми поводження з відходами птахофабрик | 12 |
| РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА | 17 |
| 2.1 Біохімічні процеси перетворення сировини у біогаз | 18 |
| 2.2 Фізичні та хімічні чинники, які впливають на утворення біогазу | 21 |
| 2.3 Вихід біогазу з різних видів біомаси | 30 |
| Висновки до розділу 2 | 35 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ ПРИ КОФЕРМЕНТАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ | 36 |
| 3.1. Вплив співвідношення інокуляту та субстрату на технологічний процес метанового збродження пташиного посліду | 37 |
| 3.2 Обґрунтування параметрів біотехнологічного процесу отримання біогазу з посліду та очищення води після зневоднення збродженого залишку від іонів амонію | 40 |
| 3.3 Технологічний процес отримання біогазу з посліду з повторним використанням води після зневоднення збродженої біомаси..... | 43 |
| РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ | 54 |
| 4.1 Вимоги безпеки праці при роботі у птахівництві | 54 |
| 4.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях | 56 |
| 4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи | 57 |
| 4.4 Заходи по поліпшенню охорони праці на птахофабриці | 58 |
| 4.5 Організація цивільної оборони на об'єкті господарювання..... | 58 |
| Висновки..... | 61 |
| Перелік використаних джерел | 62 |

| | | | | | | |
|---|-----------|----------|-------|------|------------------|-------------|
| Підп. і дата | | | | | | |
| Інв.№ дубл. | | | | | | |
| Взаєм.інв.№ | | | | | | |
| Підп. і дата | | | | | | |
| Інв.№ подл. | | | | | | |
| | | | | | | ТС 22510368 |
| Вип | Арк | № докум. | Підп. | Дата | | |
| Розроб. | Скиба | | | | Літ. | Аркцш |
| Перев. | Васькін | | | | 5 | 86 |
| Н.Контр | Батальцев | | | | СумДУ, ф-т ТеСЕТ | |
| Затв. | Пляцук | | | | гр. ТС.м-22 | |
| Розробка технологічних рішень запровадження біотехнології одержання біогазу із курячого посліду | | | | | | |

споживається - 49,6кг); Нідерландах - 46,8 кг; Угорщини - 39,8 кг; Бразилії - 35,4 кг, в Україні - 4,0 кг [1].

Аналіз розвитку галузі за останні роки показує, що сьогодні і на майбутнє ставка у виробництві продукції птахівництва в нашій країні повинна бути зроблена, в основному, на великі спеціалізовані птахо господарства, але при цьому велика увага і підтримка повинні бути передбачені розвитку присадибного сектора.

Але це одна важлива складова частина в розвитку промислового птахівництва. Інша не менш важлива складова - це створення умов для надійного забезпечення захисту навколишнього природного середовища від забруднення органічними відходами, які у великих кількостях надходять від птахівницьких комплексів [3].

1.2 Вплив птахофабрик на стан навколишнього природного середовища

Застосування все більш енергоємних технологій в сучасному промисловому птахівництві сприяє збільшенню антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Це тягне за собою підвищення витрат на зменшення негативних наслідків від забруднень, що продукують птахофабрики. Що ж необхідно зробити для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище від птахопідприємств?

Найбільш важливим є виявлення можливих негативних наслідків і визначення шляхів їх попередження. До таких наслідків можна віднести викиди в атмосферне повітря забруднюючих та інших речовин; скиди у водні і підземні об'єкти і водозбірні площі; забруднення ґрунтів; накопичення відходів виробництва [3].

Викиди в навколишнє середовище, що існують на птахофабриках, діляться за видами:

| | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взаєм.інв.№ | Інв.№ дубл. | Підп. і дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 9 |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | | |

- наявність підрозділів з виробництва органічних добрив на основі посліду, способи переробки;

- ґрунту, використовувані для внесення утилізованого посліду, органічних добрив на його основі і дотримання вимог щодо їх внесення [5].

Спостереження показали, що основний антропогенний вплив птахогосподарств на навколишнє середовище пов'язаний з утворенням великої кількості посліду. Однак при певних умовах він стає високоефективним сировинним компонентом з великим вмістом органічної речовини, вуглецю, азоту, фосфору, калію і різних мікроелементів, необхідних для підвищення родючості ґрунтів. Тому найбільш актуальна проблема - створення і впровадження сучасних технологій виробництва органічних добрив на основі посліду і повне їх використання в сільському господарстві [4].

Рельєф місцевості, переважаючі вітри, кількість опадів, що випадають, впливають на стан відходів і визначають ступінь їх впливу на навколишнє середовище, а також доступність необхідних компонентів (торф, тирса та ін.) для формування сумішей - все це враховується при створенні технології виробництва органічних добрив . Потреба в елементах живлення для орних земель задовольняється лише на 10-15%, тому використання органічних добрив на основі посліду птахів дозволить збільшити вихід сільськогосподарської продукції на 15-25% в рік. Ефективність подібної технології доцільно визначати за різницею між основним виробництвом і додатковою продукцією [5].

1.3 Проблеми поводження з відходами птахофабрик

Сучасний рівень розвитку птахівничої галузі та стан її сировинної бази вимагають принципово нового підходу до проблем з використанням внутрішніх ресурсів. Сутність цього способу полягає в створенні та використанні маловідходних і безвідходних технологій, що дозволяють максимально і комплексно включати в господарський оборот буквально всі сировинні ресурси,

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|-----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № док.ум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

12

Птахофабрикам стали пред'являти серйозні штрафні санкції за розміщення так званих небезпечних відходів. Дослідження мікробіологічного складу пташиного посліду, що надходить з клітинних батарей в зону зберігання або переробки, показали, що в пробах посліду від 4-5-денних курчат були виділені культури *Pr. vulgaris*, *E. coli* - 5 штамів. *E. coli* виявилися непатогенними для білих мишей, а у 4 виявлено адгезивний антиген F41. З посліду курчат у віці 9-11 днів, поряд з протеєм і кишковою паличкою, була виявлена інша мікрофлора з сімейства *Enterobacteriaceae*: *agglomtrans* і *Serratia rubiaas* по 5 культур; в 19 пробах виявлені *Xenorhabitus hematopilus*, а в 14 - *Stars lentus*. Всі виділені культури для білих мишей були непатогенними [9].

У посліді від дорослої птиці були виділені культури кишкової палички, у 17 - виявлено адгезивний антиген F43, характерний для патогенних штамів.

На одній з птахофабрик при бактеріологічних дослідженнях пташиного посліду в 19 пробах була виявлена непатогенна кишкова паличка *Xenorhabitus hemtopils*, і в 1 пробі - *Proteus vulgaris*, а з 7 проб 118-денної птиці - в 6 випадках - по 3 від птиці 211- і 270- денного віку - виділені сальмонели, які при серологічної типізації віднесені до групи C2: *S Bovis morbificans* 08, 06, Hr, H21 H2 S. У групових пробах посліду від птахів двох птахофабрик було виділено 8 культур *Enteritidis*. Культури сальмонел були вірулентніші для 7-денних курячих ембріонів і для 7 піддослідних бройлерів при їх зараженні внутрішньовенно і внутрішньом'язово. Отже, з посліду курчат і курей різного віку виділяється як нормальна, непатогенна мікрофлора, так і окремі види патогенної мікрофлори, зокрема, протей, кишкова паличка (F43) і сальмонела [10].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) гній, послід і стічні води тваринницьких і птахівницьких підприємств, які є основними сировинними компонентами для виробництва органічних добрив, можуть бути фактором передачі понад 100 збудників інфекційних та інвазійних хвороб, в тому числі зоонозів. До того ж, самі органічні відходи можуть служити сприятливим середовищем для розвитку і тривалої виживаності патогенної мікрофлори,

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Як відомо, відходи життєдіяльності курей містять в собі близько 85% води і 15% твердих речовин. Саме в цих твердих залишках і міститься джерело відновлення комбікормів. Кури, з'їдаючи корм, в не повному обсязі перетравлюють його, а залишають деякою частину корисних речовин. Тому можна використовувати відходи їх життєдіяльності в повторному циклі годування, домішуючи їх в основний раціон, з урахуванням всіх рецептів і норм.

Використання відходів як кормових добавок є дуже привабливим, так як дозволяє зменшити вартість кормів і обсяги шкідливого впливу на навколишнє природне середовище.

| | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взаєм.інв.№ | Інв.№ дцфл. | Підп. і дата |
| | | | | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
| | | | | |

ТС 22510368

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ З ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Біогаз, як альтернативне паливо, що одержують при переробці пташиного посліду, був обраний виходячи з наступного:

➤ біогаз з вмістом метану в ньому 65 % можна спалювати за використання існуючого обладнання, яке знаходиться на діючих котельнях [9].

➤ при спалюванні біогазу з концентрацією метану вище 65 % утворюється водяна пара та CO₂, причому оксиду карбону (IV) утворюється менше, ніж при спалюванні сировини, яка може бути субстратом для отримання біогазу [10].

➤ одночасно з біогазом в процесі ферментації утворюється цінне біодобриво, яке може використовуватись, як для продажу, так і у власних цілях (удобрювання с/г угідь, які використовуються для вирощування кормових культур для птиці) [15].

➤ з 1 т пташиного посліду теоретично можна отримати до 100 м³ біогазу з вмістом метану 60–80 %, або 280 кг паливних брикетів. Енергетична цінність 1 м³ біогазу відповідає 3 кг брикетів [16]. Таким чином, перетворення посліду у біогаз є кращим методом утилізації відходів птахофабрик.

Отримання біогазу шляхом анаеробної переробки пташиного посліду зумовлює місцеве (децентралізоване) виробництво енергоносіїв, яке може бути використане, як в цілях виробника, так і направленні в загальну мережу за цінами «Зеленого тарифу».

Вибір технології переробки посліду птахів ґрунтується на підборі оптимальних параметрів (рН, температура, концентрація мікроелементів, співвідношення між С:N, вологість) проходження процесу анаеробного зброджування [16, 17]. Для реалізації процесу бродіння відходів птахівництва використовують косубстрати, за допомогою яких регулюється вміст іонів амонію у середовищі. В результаті оптимізації параметрів, а також використання косубстрату, процес переробки проходить за більш короткий

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

17

проміжок часу, що в свою чергу зумовлює менші енергетичні затрати. При цьому підвищується вміст метану в біогазі [13].

2.1 Біохімічні процеси перетворення сировини у біогаз

При анаеробній переробці біомаси процес утворення біогазу проходить за такими стадіями: гідроліз, ацидогенез, ацетогенез, метаногенез [19], які наведені на рис. 2.1.

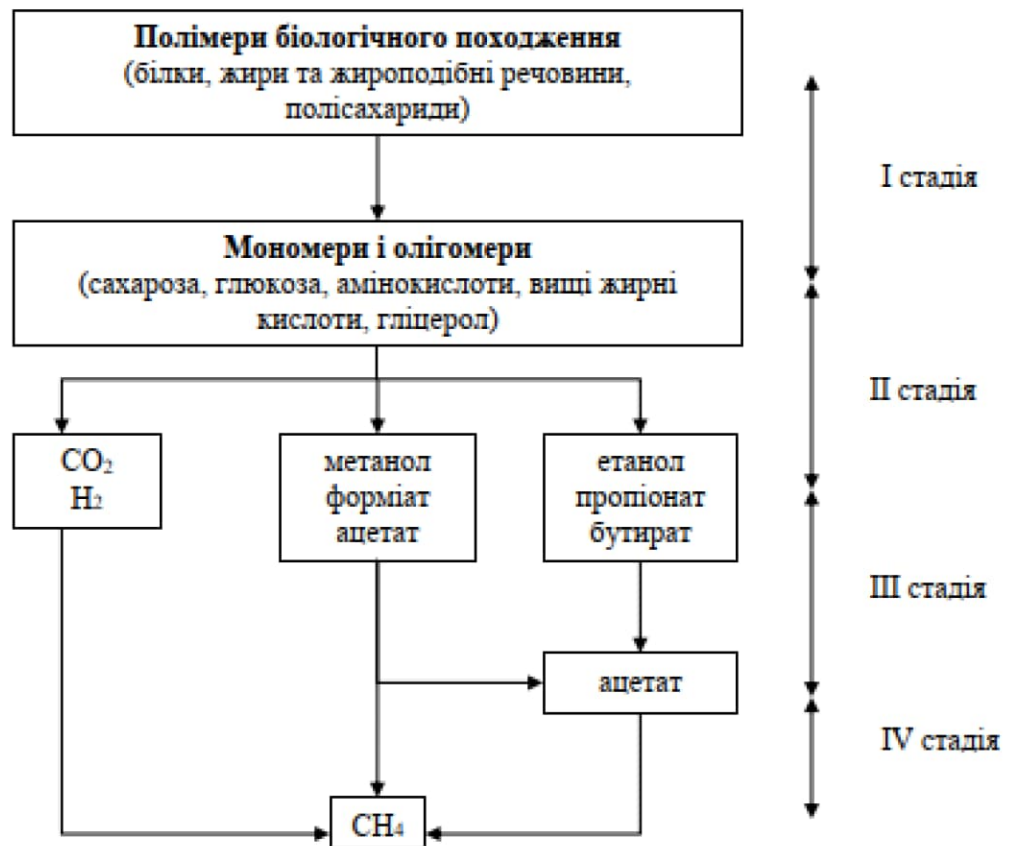


Рисунок 2.1. Схема перетворень субстрату у процесі метанового зброджування [20]

Утворення біометану багатостадійний процес, який починається з стадії гідролізу. Гідролітичні мікроорганізми розкладають макромолекули до розчинних сполук, які в подальшому можуть бути перетворенні в низькомолекулярні органічні сполуки. До цієї групи мікроорганізмів відносяться облігатні анаеробні бактерії родів: *Enterobacteriaceae*, *Clostridiaceae*,

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Lactobacillaceae, Streptococcaceae. При ферментації гідролітичними бактеріями утворюються леткі жирні кислоти (ЛЖК), амінокислоти та глюкоза [21].

Ацидогенез (фаза утворення кислоти). Сполуки, що утворились в процесі гідролізу ацидогенними бактеріями, перетворюються в сполуки із меншою молекулярною масою (оцтову та пропіонову кислоти, низькомолекулярні спирти, альдегіди та кетони), а також неорганічні компоненти H_2 , CO_2 , N_2 , H_2S . Такий процес призводить до зменшення значення рН середовища внаслідок накопичення кислот, за яких відбувається інгібування процесу метаногенезу [22, 23].

Ацетогенез. До угруповання ацетогенних мікроорганізмів входять як облигатні, так і факультативні культури, які здатні зброджувати органічні кислоти та інші компоненти, що утворились на попередніх стадіях, до H_2 , CO_2 [24]. Іншими представниками стадії ацетогенезу є гомоацетогенні бактерії, які здатні зброджувати п–С–вмісні сполуки до оцтової кислоти [25].

Метаногенез. Організми, здатні здійснювати цей процес, є спеціалізовані археї [26]. У архей є цілий ряд загальних особливостей. Це стосується складу клітинної стінки, ліпідів, апарату транскрипції і трансляції, простетичних груп і коферментів, механізму автотрофної фіксації CO_2 , а також способу отримання енергії.

До цієї таксономічної групи відносяться мікроорганізми, які відрізняються своїми фізико–морфологічними та біохімічними властивостями.

До таких відмінностей можна віднести [27]:

- відмінність у структурі рибосомальних 16S і 5S рРНК, а також транспортних РНК;
- відмінність у складі мембранних ліпідів та утворенням одношарової ліпідної мембрани;
- відмінність у структурі клітинної стінки (складаються не з пептидоглікану, а з інших біополімерів – кислих полісахаридів, білків і псевдомуреїну);

| |
|---------------|
| Підп. і дата |
| Інв. № докл. |
| Взаєм. інв. № |
| Підп. і дата |
| Інв. № подл. |

• відсутність складних життєвих циклів, патогенних представників, функціональних екзоферментів;

Метаногенні мікроорганізми представлені рядом родів [28]:

- Methanobacterium,
- Methanococcus,
- Methanosarcina,
- Methanotherix,
- Methanocorpusculum, • Methanobrevibacteria, • Methanopyrus.

В процесі утворення біогазу можуть використовуватись різні органічні сполуки, які виступають основними попередниками в ланцюжках біохімічних перетворень при утворенні метану [29, 30]. Так, авторами роботи [31] наведено хімічні реакції, які представлено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 Хімічні реакції утворення метану [31]

| Біохімічний попередник | Хімічне рівняння утворення метану | ΔG , кДж/моль CH_4 |
|------------------------|---|-------------------------------------|
| Водень | $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ | -130 |
| Ацетат | $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$ | -31 |
| Форміат | $4\text{HCOOH} \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | -119 |
| Метанол | $4\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | -103 |
| Оксид карбону (II) | $4\text{CO} + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{CO}_3$ | -185 |
| Триметиламін | $4(\text{CH}_3)_3\text{N} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 9\text{CH}_4 + 3\text{CO}_2 + 4\text{NH}_3$ | -74 |
| Диметиламін | $2(\text{CH}_3)_2\text{NH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3$ | -74 |
| Метиламін | $4(\text{CH}_3)\text{NH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 4\text{NH}_3$ | -74 |
| Меркаптани | $2(\text{CH}_3)_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{S}$ | -49 |

Такий перебіг реакцій традиційний для анаеробної переробки пташиного посліду, в результаті якого може вивільнятися велика кількість сполук азоту в різній формі, але переважно в амонійній, а також руйнується сечовина з утворенням аміаку. Всі ці сполуки є небажаними компонентами у біогазі. Проте,

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Арк
20

більшість цих реакцій є термінальними (не мають вагомий вплив на вихід біогазу в технологічному процесі), 80 % всього метану утворюється в процесі переробки ацетату та за рахунок трансформації водню і вуглекислоти в процесі метанового зброджування [32].

Узагальнюючи все вищенаведене можна зробити висновок, що задля збільшення виходу біогазу з пташиного посліду та покращення його якості потрібно нейтралізувати негативний вплив аміачних сполук, які інгібують процес метаногенезу. Для цього потрібно підібрати оптимальну кількість целюлозовмісного косубстрату, який би змістив співвідношення C:N до значень, раціональних для проходження ферментативного процесу переробки посліду з утворенням метану.

2.2 Фізичні та хімічні чинники, які впливають на утворення біогазу

В процесі утворення біогазу важливу роль відіграють такі технологічні параметри, як [33]:

- температурні умови отримання біогазу;
- рН середовища;
- тривалість ферментації;
- масообмінні процеси при метаногенезі;
- наявність летких жирних кислот;
- співвідношення C:N [34];
- якісний склад компонентів в процесі ферментації.

2.2.1 Вплив температури на процес утворення біогазу

Важливу роль в утворенні біогазу відіграє температурний режим, так як різні види метаногенів здатні жити в температурному діапазоні від 0 – 70 °C [35]. При вищих температурах метаногени гинуть. Температуру нижче 0 °C

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ дц/л. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

витримують, але повністю припиняють процес метаболізму [36]. За літературними даними мінімальна температура, за якої проходять біохімічні процеси метаногенезу, становить 3 – 4 °С. Для метаногенів виділяють такі основні температурні режими: психрофіли – діапазон температури 16 – 25 °С, мезофіли – 25 – 45 °С, термофіли – вище 45 °С [37].

Швидкість процесу метанового зброджування напряму залежить від температури. Так, при підвищенні температури швидше проходить деструкція органічних речовин і, відповідно, продукується більша кількість біогазу [38, 39]. Проте, за даними авторів роботи [39] при підвищенні температури вище 45 °С концентрація метану в біогазі знижується з 67 % до 52 %. Це можна пояснити тим, що при високих температурах розчинена вуглекислота, яка знаходиться в об'ємі метантенка, переходить в газоподібний стан та вивільняється. При цьому знижується кількість метану, що утворюється з CO₂.

Як наведено на рис. 2.2. – чим вище температура, тим більш чутливі мікроорганізми до її зміни. Відбувається стрімке падіння кривих графіків росту на пікових значеннях кожного з режимів і вузькі екстремуми температур, які лежать в діапазоні 2 – 4 °С. Тому, раціональною температурою з точки зору енергозатратності для метаногенезу в залежності від косубстрату являється діапазон 38 – 42 °С [41]. Але залишається невизначеним вплив падіння температури на 2 – 3 °С на процес утворення метану та вихід біогазу в цілому.

Важливим фактором для визначення параметрів зброджування являється екзотермічність реакцій, які проходять в процесі утворення біогазу. Так, наприклад, при зброджуванні кукурудзи спостерігається підвищення температури з 37 до 42 °С [41]. За рахунок цього ефекту можна знизити затрати енергоносіїв на підігрів метантенків. Кількість виділеного тепла

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

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 22 |

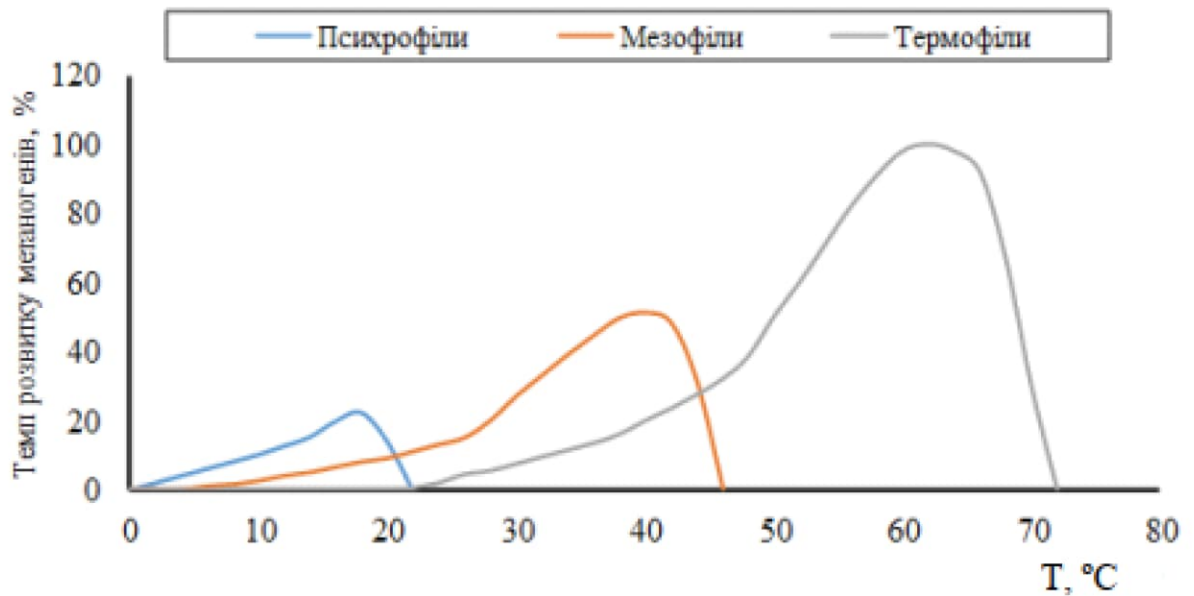
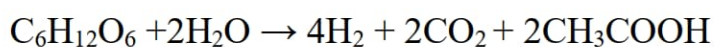


Рисунок 2.2. Темпи росту мікроорганізмів за різних температурних режимів [39]

2.2.2 Вплив рН середовища на вихід біогазу

рН середовища є одним з ключових факторів, які впливають на повноту проходження процесу бродіння та якість біогазу, що утворився. Складність регулювання рН при метаногенезі полягає в тому, що різні групи мікроорганізмів, які присутні в консорціумі, що здатний утворювати біогаз, мають різні оптимуми рН середовища [44].

Ацидогенні та гідролітичні бактерії мають оптимум рН в межах 4,5 – 6,3 [45, 46], метаногени та ацетогени досягають свого оптимуму рН в діапазоні 6,7 – 7,3 [47]. Якщо рівень рН не відповідає оптимальному діапазону, то життєдіяльність мікроорганізмів пригнічується і, відповідно, змінюється процес утворення біогазу [48]. При низьких значеннях рН протон зазвичай відновлюється до водню за реакцією:



і утворення біогазу припиняється. Оскільки метаногенні мікроорганізми

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

Час знаходження сировини в ректорі розраховується в залежності від біодоступності для мікроорганізмів субстрату, що використовується, та температурного режиму проведення процесу [52].

Для субстрату у вигляді рідкого гною визначають такі параметри терміну зброджування (табл. 2.2) [53]:

Таблиця 2.2 Ступінь перетворення субстрату в залежності від часу зброджування та температурного режиму

| | Температурний режим, °С | Тривалість зброджування, доба | Ступінь перетворення, % |
|---|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 45-55 | 15-25 | 60±3,0 |
| 2 | 30-35 | 30-50 | 46±2,3 |
| 3 | 20-25 | 60-70 | 40±2,0 |

Для енергетичних рослин (кукурудза, очерет) оптимальний період зброджування в метантенку за мезофільного режиму становить більше 42 діб в залежності від біодоступності сировини, яка використовується у вигляді субстрату [49]. Відходи аграрної промисловості (відходи кукурудзи, нефуражне зерно та ін.), зазвичай, мають короткий термін ферментації – від 25 до 35 діб. Для відходів сільського господарства (гній, послід, гноївка та ін.) за даними авторів [55] за оптимальний час зброджування приймається 50 діб.

Хімічні сполуки, які присутні в органічних субстратах, що зброджуються, можна розділити за біодоступністю в такому порядку [56]: вуглеводи, жири, білки, геміцелюлоза, целюлоза. Так, у роботах [57, 58] показано, що піковий вихід біогазу при безперервній ферментації у мезофільному режимі спостерігається починаючи з 10 доби. На 12 добу проходження процесу він досягає свого максимуму і стабілізується. За використання вуглеводів вихід становив 145 – 154 дм³ CH₄/кг СОР, жирів – 400 – 500 дм³ CH₄/кг СОР.

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Арк
25

Гідравлічний час утримання (ГЧУ) біомаси є важливим, оскільки, оптимально підібраний час зброджування дає змогу раціонально використовувати метантенк та одержати біодобрива. Так, якщо ГЧУ занадто короткий, знижується вихід біогазу, біомаса не повністю розкладається, що знижує якість добрива. При занадто високому ГЧУ знижується ефективність установки за рахунок підвищення енергозатрат і зменшується вихід біогазу за одиницю часу. Тому завданням роботи є визначення раціонального ГЧУ сировини за використання різного співвідношення пташиного посліду та целюлозовмісного косубстрату.

2.2.4 Масообмінні процеси

Утворення біогазу – процес, який проходить у всьому об’ємі біореактора, тому для його інтенсифікації необхідною умовою є перемішування середовища. В процесі ферментації (в залежності від фракційного складу загрузки) може утворюватися плаваюча кірка, що заважає виходу біогазу в процесі його утворення. Таку кірку потрібно усувати шляхом перемішування загрузки в біореакторі. Перемішування не тільки унеможливає утворення кірки в метантенку, але й сприяє рівномірному розподілу кислотності, поживних речовин та температури по всьому об’єму ферментера [59].

В технології використовують такі основні методи перемішування зброджуваної біомаси в ферментаційній ємності [60]:

- ✓ механічне перемішування за допомогою мішалки;
- ✓ пропускання утвореного біогазу через ферментаційний об’єм;
- ✓ рециркуляція біомаси в системі.

Для механічного перемішування використовується механічна мішалка (рис. 2.3, а.), яка приводиться в рух електричним приводом.

При такому перемішуванні потоки циркулюють навкруги мішалки утворюючи турбулентні зони. Перевагами цього методу є зручність в

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

експлуатації, можливість легкої зміни швидкості перемішування. Недоліками механічного перемішування є те, що воно проходить не в повному обсязі, а безпосередньо в зоні дії мішалки, а турбулентні потоки не руйнують кірку, яка утворюється на поверхні субстрату, що зброджується, та навпаки сприяють розшаруванню сировини [61].

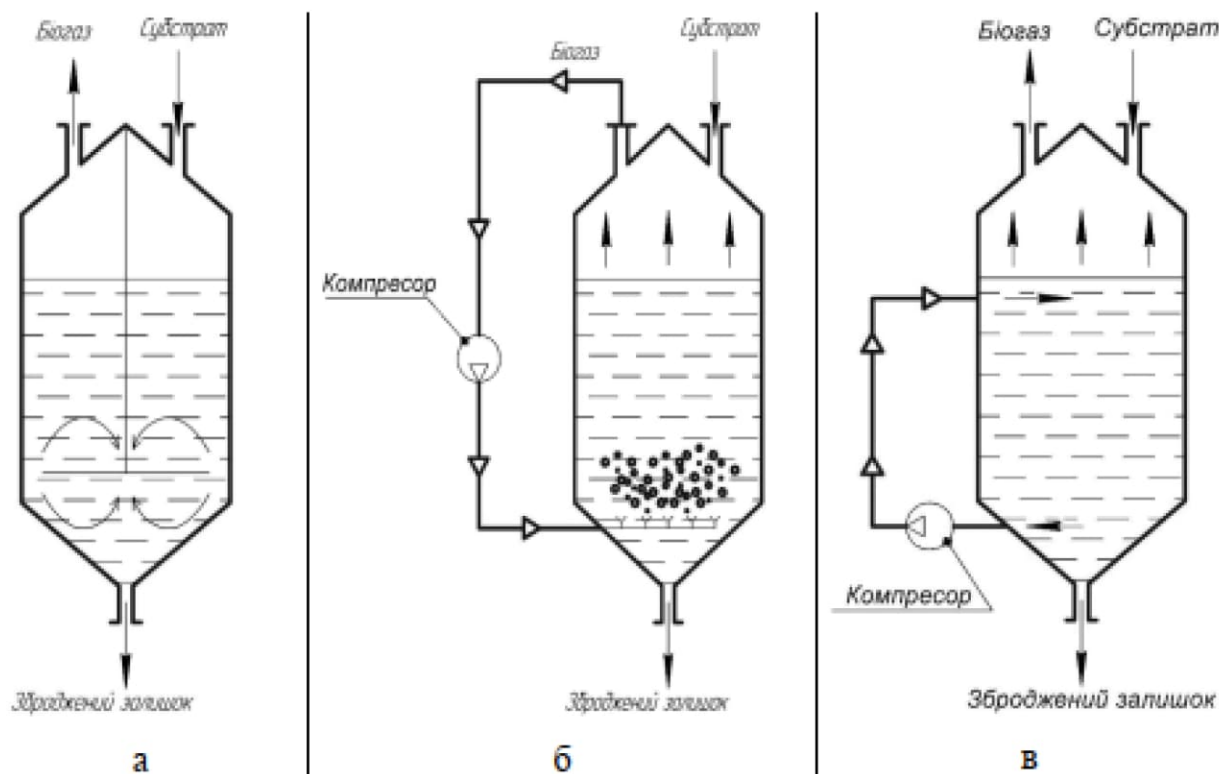


Рисунок 2.3. Види перемішування, що використовуються в процесах метанового зброджування: а – механічне перемішування, б – перемішування барботуванням, в – рециркуляція.

Другий спосіб інтенсифікації масообмінних процесів – барботування біомаси, що перемішується біогазом, який утворився в процесі зброджування (рис.2.3, б.). Барботування досягається за рахунок компресорного обладнання, яке нагнітає біогаз в систему барботування, що знаходиться в нижній частині метантенка. До переваг такого способу перемішування відноситься те, що вуглекислота (CO_2), якою насичений біогаз, повторно бере участь в процесі утворення біогазу. Недоліками являється те, що та ж сама вуглекислота може

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

органічних сполук, є важливим фактором в процесі метаногенезу, оскільки вони мають як інгібуючий, так і стимулюючий вплив [65, 66].

Співвідношення органічних кислот (ЛЖК) надає інформацію про стан проходження процесу. Так у роботі [67] при ферментації відсоткове співвідношення кислот HAc , HPr , $i\text{-HBu}$, $n\text{-HBu}$, $i\text{-HVa}$, $n\text{-HVa}$ складало 18,9 %; 7,7 %; 9,6 %; 39,3 %; 11,6 % і 12,9 %, відповідно.

Концентраціях ЛЖК менше 1500 мг/дм^3 свідчить про погану біодоступність субстрату для зброджування і, відповідно, низький вихід біогазу [68].

При надмірній подачі субстрату, його високій біодоступності, високій температурі може проходити процес його швидкого окиснення, при якому концентрація органічних кислот може досягати 16000 мг/дм^3 [65]. При такому вмісті ЛЖК спостерігається зміна співвідношення оцтової кислоти до пропіонової. При перевищенні концентрації 3000 мг/дм^3 для оцтової кислоти та 300 мг/дм^3 для пропіонової, згідно роботи авторів [66], процес утворення біогазу інгібуюється. Накопичення кислот призводить до цілого ряду реакцій, починаючи з того, що надмірні концентрації ЛЖК чинять негативний вплив на метаногенні мікроорганізми аж до повної зупинки процесу розкладання. Таку тенденцію накопичення ЛЖК можна регулювати за допомогою подачі того чи іншого ко-субстрату.

Так, в роботах [67–69] наведено такі дані стосовно виходу біогазу при різному вмісті ЛЖК: 1550 мг ЛЖК/дм^3 – $290 \text{ см}^3 \text{ CH}_4/\text{г СР}$, 2100 мг ЛЖК/дм^3 – $328 \text{ см}^3 \text{ CH}_4/\text{г СР}$, 3500 мг ЛЖК/дм^3 – $152 \text{ см}^3 \text{ CH}_4/\text{г СР}$ (зброджування проводилося в мезофільному режимі за використання як основного субстрату курячого посліду та коров'ячого гною).

Підсумовуючи вищенаведені результати варто відмітити важливість вмісту ЛЖК в процесі зброджування. Оптимальні концентрації ЛЖК дозволяють збільшувати вихід біогазу та підвищувати концентрацію метану в ньому.

2.2.6 Вплив співвідношення C/N

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Для оптимальної роботи БГУ на пташиному посліді повинно підтримуватись задане співвідношення C/N, оскільки воно відповідає за оптимальний розвиток культури метаногенів, які відіграють ключову роль в утворенні біогазу [72–74]. Мікроорганізми в 20–35 разів більше споживають вуглецю ніж азоту (в залежності від рН), тому оптимальним співвідношенням C/N є 30:1. При цьому співвідношенні за використання в якості субстрату гною ВРХ спостерігали вихід метану до 70 % при рН = 7 [75], вихід біогазу до 300 см³/г СР при температурі 35 °С [74]. Критично допустимим співвідношенням, за якого може проходити процес метаногенезу, (розвиток мікроорганізмів) приймають C/N=8/1 за використання в якості субстрату пташиного посліду. При перевищенні цього співвідношення токсичні сполуки амонію інгібують розвиток мікроорганізмів [75].

У роботах [78, 79] окрім співвідношення карбону органічного до азоту вводять ще показник фосфору, оскільки останній також має важливе значення при метановому зброджуванні. Рекомендованим в такому разі є співвідношення C/N/P =115/4/1, при якому вихід за метаном становив 380 дм³ CH₄/кг СР [79].

Важливість співвідношення C/N полягає у визначенні оптимальної кількості пташиного посліду до целюлозовмісних відходів, яка забезпечить раціональні показники проходження процесу метаногенезу.

2.3 Вихід біогазу з різних видів біомаси

Біомаса, яка піддається біологічній деструкції задля утворення біогазу, може бути різного походження і мати в своєму складі різні компоненти. Так, умовно, біомасу, яка може бути трансформована в біогаз, поділяють на відходи рослинництва [80] та відходи тваринництва [81].

Проте, найбільший вихід біогазу – 545 – 670 см³/г сухої органічної речовини (СОР) спостерігається при коферментації рослинної та тваринної біомаси в різних

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 30 |

співвідношеннях в залежності від складу [82–83]. При коферментації пташиного посліду можуть також використовувати різні співвідношення в залежності від субстрату [84].

За використання кукурудзи як косубстрату найкращий середньодобовий вихід біогазу спостерігався на 20 добу ферментації за співвідношення кукурудза: послід – 3:1 і становив 218 см³/г СОР при піковій концентрації метану в біогазі 68 % [85].

При коферментації пташиного посліду з очеретом у співвідношенні 1:1 середньодобовий вихід біогазу становив 400–500 см³/г СОР з концентрацією метану 50% [86].

При ферментації чистого посліду тривалість лаг-фази складає більше 30 діб, а вихід біогазу досягає 280 см³/г СОР [87].

Коферментація курячого посліду з соломою пшениці при співвідношенні субстратів 1:1 дає вихід біогазу близько 700 см³/г СОР з концентрацією метану 45–50 %. За тих же умов з рисовою соломою, як косубстратом, вихід біогазу і концентрація метану підвищуються і досягають 725 см³/г СОР та 50 – 55 %, відповідно [88].

Такі результати досягненні за рахунок використання ферментних препаратів, які пришвидшують та покращують, як біодеструкцію, так і біодоступність органічних речовин для метаногенів.

При коферментації пташиного посліду (ПП) з коров'ячим гноєм (КГ), свинячою гноївкою (СГ) та відходів водовідведення (ВК) у співвідношеннях 1:1:1:1, 2:1:1:1 і 3:1:1:1 спостерігали такі результати. Найбільший середній вихід метану спостерігався при співвідношенні ПП:КГ:СГ:ВК = 1:1:1:1 і становив 62 % при температурі 40 °С, вихід біогазу при цьому складав до 650 см³/г СОР. При підвищенні температури до 55 °С відсотковий вихід метану в пробі біогазу зменшувався до 50 % [89].

Дослідження показало, що коферментація відходів тваринного походження або інших органічних відходів більш вигідніша, ніж переробка кожної сировини

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

окремо.

При зброджуванні чистого коров'ячого гною спостерігався вихід біогазу на рівні 150 см³/г СОР з концентрацією метану в ньому 49 % [90].

В табл. 1.3 наведено дані щодо виходу біогазу при коферментації сировини різного походження.

Таблиця 2.3. Вихід метану при коферментації сировини різного походження

| Косубстрат | Співвідношення | Основні параметр | V (CH ₄) на 1 г СР | Посилання |
|--------------------------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Свинячий гній:кукурудза | 75:25 | V=20 дм ³ T=39 °C | 210 | [91] |
| Свинячий гній:солоса пшениці | 75:25 | V=20 дм ³ T=35 °C | 240 | [94] |
| | 50:50 | | 220±11 | |
| Свинячий гній:відходи картоплі | 85:15 | V=3,5 дм ³ T=35±1 °C | 210–240 | [93] |
| | 80:20 | | 300-330 | |
| ТПВ:рослинні олії | 83:17 | V=1 дм ³ T=37 °C | 699±6 | [94] |
| ТПВ:тваринні жири | 83:17 | | 508±16 | |
| ОФТПВ:целюлоза | 83:17 | | 254±10 | |
| ОФТПВ:білки | 83:17 | | 288±7 | |
| Гній буйволів/силос кукурудзи | 70:30 | V=0,5 дм ³ T=35 °C | 358±44 | [95] |

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

Продовження табл.2.3

| Косубстрат | Співвідношення | Основні параметр | V (CH ₄) на 1 г СР | Посилання |
|-------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|
| Гній ВРХ/ солома пшениці | 90:10 | V=1,5 дм ³ T=35 °C | 145±9 | [96] |
| | 80:20 | | 159±19 | |
| | 70:30 | | 213±17 | |
| | 60:40 | | 188±19 | |
| Гній ВРХ/ячмінна солома | 80:20 (об'ємне співвідношення) | V=100 дм ³ T=35 °C | 160±5 | [97] |
| Гній ВРХ/кормовий буряк | 83:17 | V=20 дм ³ T=35 °C | 400±20 | [98] |
| Гній ВРХ/відходи фруктів та овочів | 80:20 | V=18 дм ³ T=35 °C | 380±19 | [99] |
| | 70:30 | | 340±17 | |
| | 60:40 | | 380±19 | |
| | 50:50 | | 450±22,5 | |
| Органічні харчові відходи/ гній ВРХ | 25:75 | V=20 дм ³ T=30±8 °C | 107±5,4 | [100] |
| | 50:50 | | 128±6,4 | |
| | 75:25 | | 147±7,4 | |
| Донні водорості/відходи паперу | 25:75 | V=4 дм ³ T=35±1 °C | 968±73 | [101] |
| | 50:50 | | 1170±75 | |
| | 75:25 | | 317±114 | |
| Відходи деревини/гній ВРХ | 67:33 | V=1 дм ³ T=35±1 °C | 388±19,4 | [102] |
| | 67:33 | | 386±19,4 | |
| Гній ВРХ/відходи картоплі | 75:25 | V=4 дм ³ T=35±1 °C | 277,7±11,4 | [103] |
| Гній ВРХ/відпрацьована олія | 75:25 | | 360,6±18,0 | |

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Арк

33

Висновки до розділу 2

1. Для утворення біогазу з пташиного посліду важливе значення має походження та склад косубстрату. При переробці посліду у біогаз оптимальним являється целюлозовмісний косубстрат як такий, що дає змогу встановити раціональне співвідношення C/N. В літературі відсутні дані щодо раціонального косубстрату для ферментації посліду, не визначено раціонального співвідношення компонентів сировини для ферментації, за яких збільшується вихід біогазу. Завданням роботи є визначення целюлозовмісного косубстрату, який дає змогу підвищити вихід біогазу та вміст метану в ньому при ферментації посліду.

2. Розглянуто основні параметри процесу ферментації, які впливають на вихід біогазу та вміст метану в ньому. Основним параметром є співвідношення C/N, співвідношення якого коливається в межах 30:1, відповідно. При зниженні цього значення (при використанні посліду за рахунок значної кількості азотовмісних сполук) відбувається закиснення середовища, що призводить до інгібування процесу метаногенезу.

Тому завданням роботи є встановлення раціонального співвідношення посліду та целюлозовмісного косубстрату для підвищення вмісту посліду у середовищі без зміни раціонального значення рН для процесу утворення метану асоціацією мікроорганізмів.

3. Показано, що метан в процесі ферментації може утворюватися з різних видів сполук, а продукти метаболізму при накопиченні можуть інгібувати процес метаногенезу. В літературних джерелах майже відсутні математичні моделі, за використання яких можна визначити умови перебігу процесу за змінних параметрів ферментації.

| | |
|--------------|--------------|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата |
| Взаєм.інв.№ | Інв.№ докл. |
| Підп. і дата | Підп. і дата |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк 35 |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ ПРИ КОФЕРМЕНТАЦІЇ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ

Підвищення кількості птахофабрик та об'ємів їх виробництва пропорційно впливає на кількість відходів, що утворюються. Окрім відходів птахівництва збільшується кількість відходів зернових культур, які використовуються для годівлі птахів. Тобто при зростанні виробництва птиці виникає задача утилізації відходів різного походження, збільшення площі під вирощування зернових або інтенсифікації виробництва зерна на основі використання добрива для їх вирощування.

З огляду на це, найбільш раціональним методом утилізації відходів може слугувати анаеробна коферментація посліду з целюлозовмісною сировиною (відходами с/г) з отриманням біогазу. За такого процесу утворюється енергоносіє, який може бути використаний на власні потреби птахокомплексу, а відходи після отримання біогазу є високоякісним добривом для сільськогосподарських угідь, на яких вирощуються кормові культури.

Целюлозовмісні відходи після попереднього сушіння можна спалювати, одержуючи тепло або електричну енергію. Але при спалюванні соломи підвищується емісія оксидів нітрогену та сульфуру, оскільки у порівнянні з деревиною солома містить більшу кількість іонів калію, хлоридів, сполук нітрогену та сульфуру. Тому продукти згорання, що містяться в димових газах, спричиняють більший негативний вплив на довкілля. Іон калію – сприяє запіканню нагару в колосниках топок котлів, що ускладнює експлуатацію устаткування. Також утворюється велика кількість шлаку, який сприяє аглютинації, що ускладнює процес згорання і перешкоджає тривалому використанню гранул соломи. При спалюванні соломи також виникає проблема зменшення викидів пилу до гранично допустимого (150 мг/м³). Це також призводить до підвищення експлуатаційних витрат за рахунок введення додаткових пиловловлювачів.

Корозія в установках та системах відведення відпрацьованих газів за

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк 36 |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|

рахунок кислоти та утворення конденсату на охолоджених вузлах також ускладнює використання соломи, як пального [94]. Тому розробка безвідходної біотехнології сумісної ферментації целюлозовмісної сировини та посліду є актуальною задачею.

Метою дослідження цього розділу було науково-технологічне обґрунтування безвідходної біотехнології отримання газоподібного енергоносія та очищення води після стадії зневоднення збродженого залишку для її повторного використання у технологічному процесі одержання біогазу. Для вирішення поставленої мети потрібно:

- визначити раціональне співвідношення за сухою речовиною інокуляту до субстрату для забезпечення високої швидкості процесу отримання біогазу з високим вмістом метану;
- на базі одержаних результатів науково обґрунтувати технологічні параметри, їх зміну та взаємозв'язок при перебігу процесу ферментації посліду з целюлозовмісною сировиною різного походження та очищення води після зневоднення збродженого залишку;
- запропонувати технологічні рішення одержання біогазу при коферментації посліду з целюлозовмісною сировиною та очищення води після зневоднення збродженого залишку від сполук амонію для її повторного використання.

3.1. Вплив співвідношення інокуляту та субстрату на технологічний процес метанового зброджування пташиного посліду

На ряду з СОР, співвідношення (C:N) та рН особливо важливим параметром для процесу метанового зброджування пташиного посліду з целюлозовмісним косубстратом є кількість інокуляту, оскільки у посліді птахів міститься менше метаногенних бактерій в порівнянні з гноєм ВРХ [149]. Також від цього співвідношення залежить зміна рН середовища, оскільки збільшення вмісту інокуляту може призвести до швидкого утворення кислот, перевищення

| | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взаєм.інв.№ | Інв.№ дцфл. | Підп. і дата |
| | | | | |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|--------------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 37 |

вмісту яких знижує значення рН нижче 6, внаслідок чого відбувається інгібування розвитку метаногенних мікроорганізмів і припиняється утворення метану.

Вміст інокуляту впливає на швидкість виходу процесу в стаціонарний режим та на кількісний склад біогазу в процесі періодичного бродіння. На рис. 3.1 наведено залежність виходу біогазу від співвідношення інокулят/субстрат в ферментері за сухою органічною речовиною.

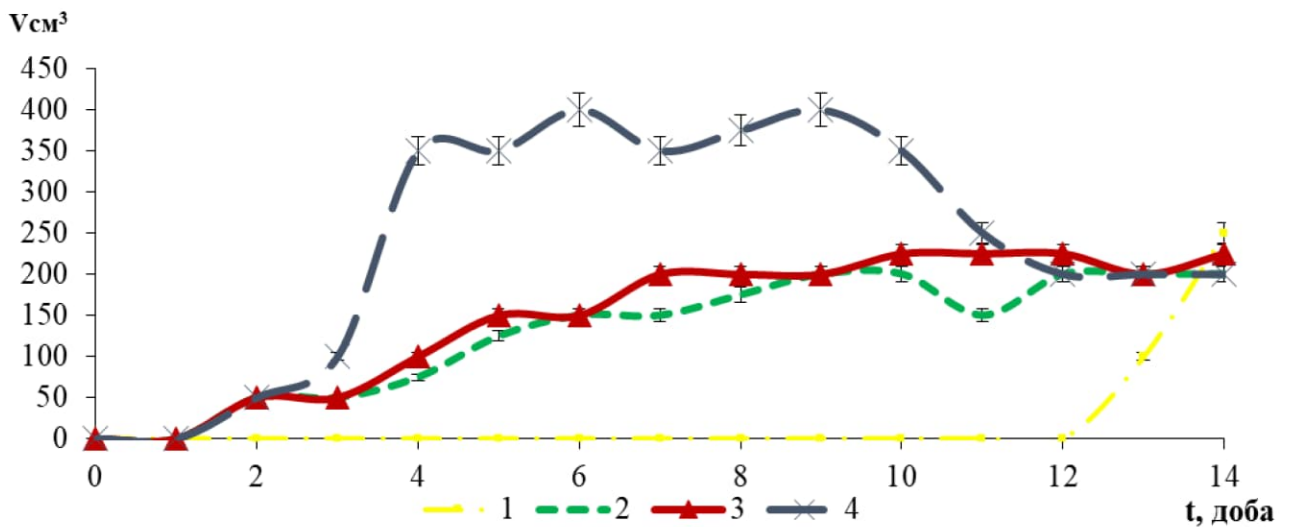


Рисунок 3.1. Динаміка виходу біогазу (V) в процесі ферментації (t) в залежності від співвідношення інокуляту та субстрату (послід з очеретом при співвідношенні 3:2) в перерахунку на СОР:

1 – без інокуляту, 2 – 20 ± 1 % інокуляту, 3 – 40 ± 2 % – інокуляту, 4 – 60 ± 3 % – інокуляту.

Як видно, з рис.3.1 процес отримання біогазу починається на другу добу ферментації незалежно від кількості інокуляту. У випадку його відсутності (крива 1) вихід біогазу починається після 12 діб знаходження субстрату в ферментері. При вмісті інокуляту 20 та 40% вихід біогазу був однаковим. При збільшенні інокуляту до 60% вихід біогазу з третьої по 11 добу перевищував у 2 рази вихід біогазу за інших концентрацій інокуляту. Починаючи з 11 доби

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ дц/л. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

інтенсивність утворення біогазу в пробі з 60 % інокуляту знизилась до показників проб з вмістом інокуляту 20 % та 40 %. При цьому рН розчинів на 11 добу ферментації складав 6,76, концентрація метану в біогазі на 5 добу при 60 % інокуляту – $70,6 \pm 3,5$ %, при 40 % – $54,3 \pm 2,8$ %, при 20 % – $50,8 \pm 2,5$ %.

На початкових етапах зброджування проходить деструкція високомолекулярних речовин з утворенням вуглекислоти та сполук, які беруть участь в подальшому утворенні метану в процесі ферментації. Саме цим можна пояснити більший вміст метану в біогазі за вмісту інокуляту 60 %.

Таким чином, для підвищення швидкості деструкції целюлозовмісної сировини та утворення біогазу запуск процесу анаеробного зброджування необхідно проводити при співвідношенні інокулят/субстрат 3:2. За таких умов збільшується швидкість перетворення субстрату і вихід біогазу на одиницю СОР (рис. 3.2). За 11 діб відбувається нарощування асоціації мікроорганізмів, які були наявні в субстраті (виходячи з даних утворення біогазу без внесення інокуляту), що призводить до зниження рН розчину при початковій концентрації інокуляту 60 % і, як наслідок, відбувається зниження швидкості утворення метану і збільшення вмісту водню в біогазі.

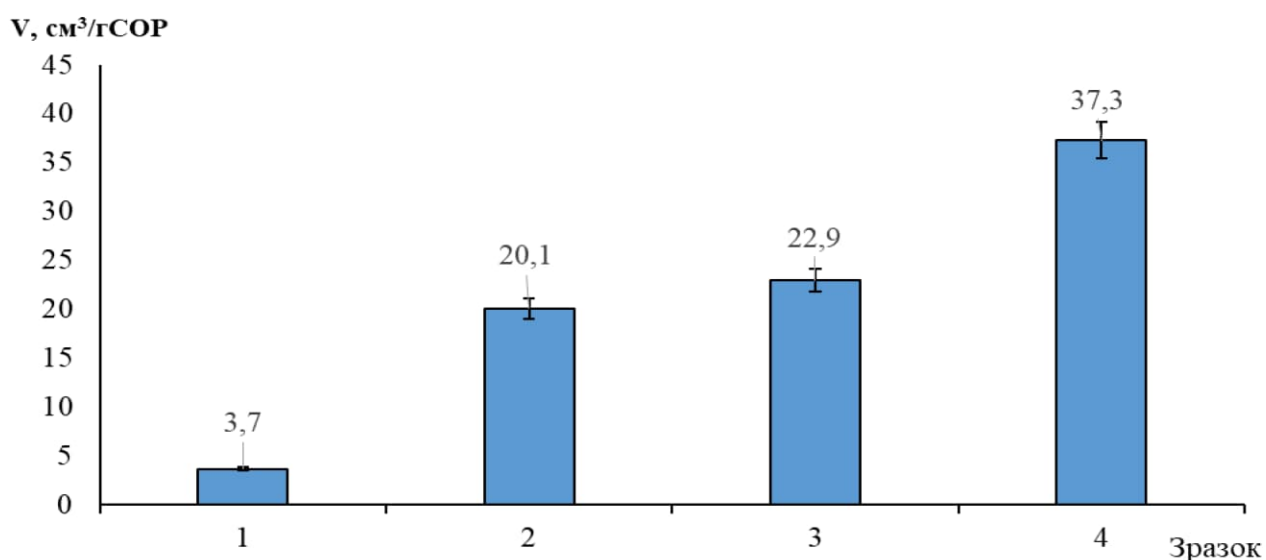


Рисунок 3.2. Вихід біогазу (V) на одиницю СОР за 14 діб ферментації при різному початковому вмісті інокуляту: 1 – без інокуляту,

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

випадку відходів паперу та 72 % у випадку використання сировини з високим вмістом лігніну. При цьому вихід біогазу за використання відходів паперу вдвічі вищий, ніж за використання традиційного косубстрату – силосу кукурудзи, також в останньому випадку вміст посліду нижчий на 10 %.

У випадку використання целюлозовмісної сировини з високим вмістом лігніну швидкість ферментації сировини уповільнюється за рахунок зниження доступу мікроорганізмів до субстрату, але підвищення вмісту метану в біогазі на 20% нівелює зниження швидкості переробки сировини по відношенню до субстрату з вмістом кукурудзи. При цьому також підвищується вміст посліду у субстраті, що знижує енергозатрати на доставку целюлозовмісної сировини.

Для підвищення вмісту посліду у субстраті нами пропонується використання відходів паперу або очерету (целюлозовмістний косубстрат з вмістом лігніну 20-23%). Також вирощування очерету не потребує витрат, оскільки в Україні великі площі є заболоченими, і в багатьох випадках очерет спалюють, що призводить до підвищення забруднення атмосфери. Для підвищення доступу мікроорганізмів до джерел живлення за використання очерету необхідно проводити попередню деструкцію сировини шляхом подрібнення та/або використання попереднього ферментативного гідролізу при значеннях рН 5 – 6. При цьому перед надходженням такої біомаси в ферментер для отримання біогазу не потрібно проводити стадію нейтралізації, оскільки підвищений вміст посліду, рН якого знаходиться в лужному діапазоні, дає змогу встановити необхідне значення.

Сумісне використання посліду та целюлозовмісної сировини призводить до збалансованості субстрату за елементним складом, що сприяє розвитку асоціації мікроорганізмів, доступності біомаси для зброджування і більшому відсотку переробленої біомаси.

Для підвищення швидкості продукування біогазу співвідношення інокулят/субстрат за сухою речовиною повинно становити не нижче 1:1, а для початку процесу – 3:2.

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

З енергетичної точки зору процес ферментації пропонується проводити в мезофільному режимі. Оскільки для одержання біогазу концентрація субстрату за сухою речовиною не перевищує 10 %, то використовується вода для його розведення. Вода після зневоднення зброженої біомаси містить високі показники за амонійним нітрогеном 70 – 150 мг/дм³ в залежності від ко субстрату, що використовувався. Відповідно таку воду не можливо використовувати повторно, оскільки буде збільшуватись вміст іонів амонію в середовищі, що призводить до призупинення діяльності і загибелі мікроорганізмів.

Методи, що використовуються для очищення води від сполук нітрогену, в основному, є тривалими і дають змогу очищати воду при його концентрації до 50 мг/дм³. Оскільки вода після зневоднення зброженої біомаси містить значну кількість органічних речовин, то пропонується спочатку використання першої стадії анаеробної ферментації з одержанням біогазу, при цьому знижується ХСК та кількість нітрогену. Для більш швидкої утилізації сполук нітрогену необхідно мати їх у виді сполук з різним ступенем окиснення, а саме NH₄⁺, NO₂, NO₃⁻. За таких форм відбувається процес денітрифікації нітрогену у позитивному ступені очищенні за використання мікроорганізмів – денітрифікаторів, та метаболітів, що утворились в процесі ферментації, за реакціями (5.4, 5.5). Збагачення асоціації *анпатох*–бактеріями, за використання яких відбувається процес за реакцією (5.7), підвищує швидкість утилізації сполук нітрогену. Визначене співвідношення потоків, що проходять аеробну та другу анаеробну стадію очищення (2:1) дає змогу за 27 годин знизити вміст сполук нітрогену на 60 – 70 % в залежності від початкової концентрації. При збільшенні початкового вмісту іонів амонію у середовищі, термін утримання води у другому анаеробному реакторі підвищується в 1,7 – 2 рази при збільшенні концентрації амонію в 2 – 2,5 разів. Очищена у такий спосіб вода може бути використана повторно для доведення середовища зброджування до оптимальної вологості або для попередньої ферментації целюлозовмісної

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

сировини з високим вмістом лігніну.

3.3 Технологічний процес отримання біогазу з посліду з повторним використанням води після зневоднення зброженої біомаси

На основі одержаних результатів запропонована принципіальна технологічна схема переробки пташиного посліду з отриманням біогазу та повторним використанням фільтрату в технологічному процесі після його очищення, яка наведена на рис. 3.3, та відповідна їй апаратурна схема, що наведена на рис. 6.4.

ДР 1. Підготовка технологічного повітря (рис. 3.3).

Очищення проводиться від пилу та механічних включень

ДР 1.1. Забір та очистка на фільтрі (рис. 3.3).

Повітря, яке забирається з атмосфери за допомогою компресора, позиція П-3 (рис. 3.4), проходить через повітрозбірник (рис. 3.4, позиція З-1) і для попереднього очищення подається на фільтр попередньої очистки (рис. 3.4, позиція Ф-2). На цьому фільтрі повітря очищується від механічних частинок та пилу. Марка фільтру Д-333, ефективність очищення від крупнодисперсної фракції 99,5 %. Заміну фільтрувального матеріалу проводять за перепаду тиску більше, ніж 6 кПа за показником електроконтактного манометра (контроль технологічний) (рис. 3.4, позиція КП-2.1). Повітря направляється на технологічні стадії ТП 6.1, ПВ 9.1 (рис. 3.3).

ДР 2. Підготовка біомаси посліду до метанового зброджування (рис. 3.3)

На даному етапі технологічного процесу відбувається підготовка відходів від птахофабрики для їх утилізації шляхом метанового зброджування.

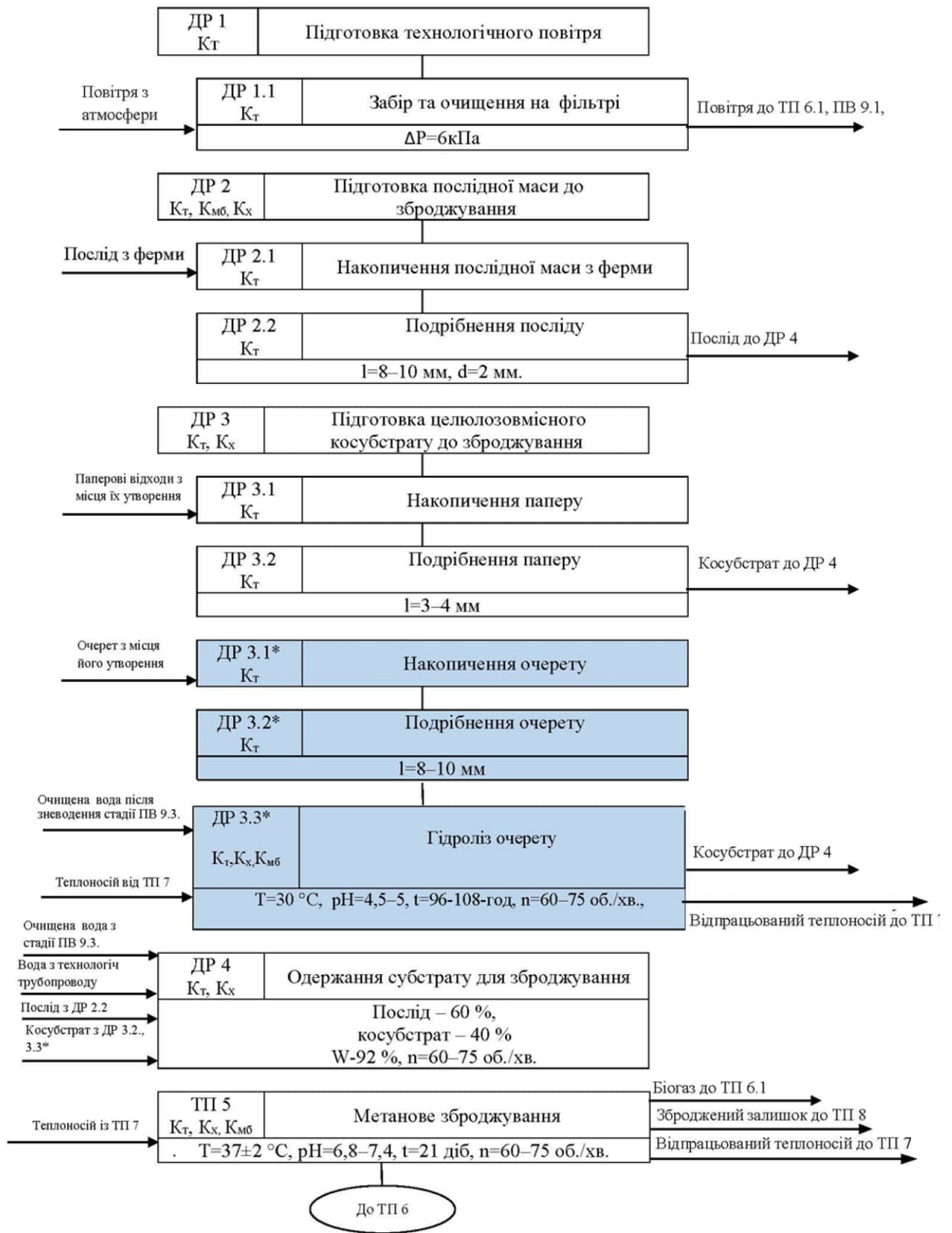
ДР 2.1. Накопичення біомаси з ферми (рис. 3.3)

На даному етапі відбувається видалення посліду з ферми за допомогою стрічкового конвеєру та надходження до накопичувача (рис 3.4, позиція Зб-8). В збірнику автоматично контролюється рівень заповнення послідом (рис. 3.4, позиція КП 8.1).

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368



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

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

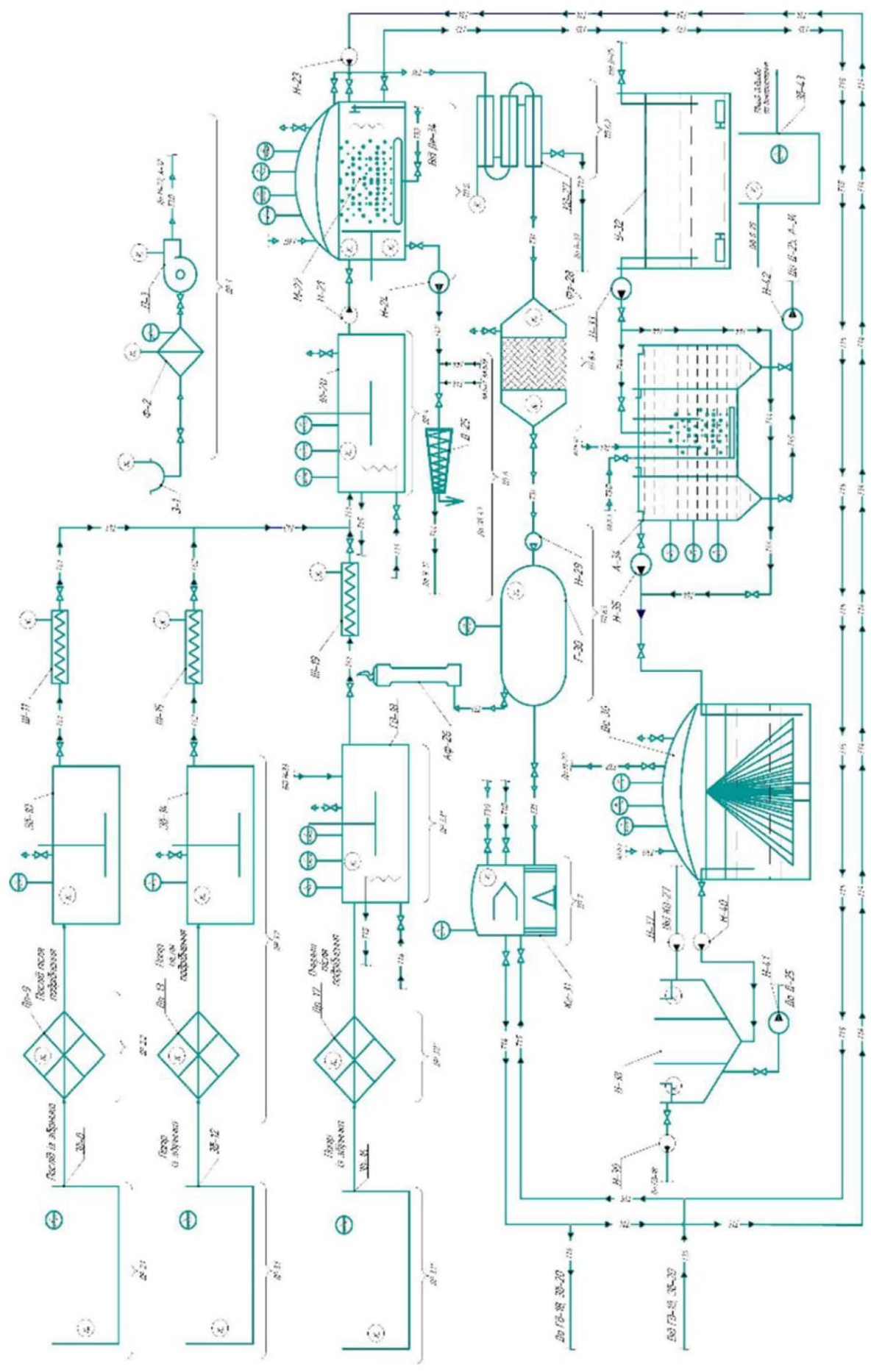


Рисунок 3.4. Принципіальна апаратурна схема процесу отримання біогазу з повторним використанням фільтрату в технологічному процесі після очищення

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вуп | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

ДР 2.2. Подрібнення посліду (рис. 3.3).

Процес транспортування посліду зі збірника виконується за допомогою фронтального навантажувача. Подрібнення і гомогенізацію послідної маси проводять за використання подрібнювача гною ПГ–Ф–50 (рис. 3.4, позиція Др–9). Попереднє подрібнення необхідно для збільшення поверхні доступу мікроорганізмів до живильних речовин.

Після подрібнення послід містить грубих механічних включень не більше 5 %. Вміст часток з довжиною до 10 мм і товщиною не більш ніж 2 мм в подрібненому посліді не більше 2 %. Вологість посліду до 75 % при плюсовій температурі.

Після подрібнення послід поступає до збірника (рис. 3.4, позиція Зб–10), який обладнано автоматичним датчиком рівня, (рис. 3.4, позиція КП–10.1). Об'єм збірника відповідає дворазовій дозі завантаження метантенка.

ДР 3. Підготовка целюлозовмісного косубстрату до метанового зброджування (рис. 3.3).

На даному етапі процесу відбувається підготовка сільськогосподарських або інших целюлозовмісних відходів (кукурудзи, коноплі технічної, очерету звичайного, паперу) шляхом подрібнення у разі використання сировини з низьким вмістом лігніну та подрібнення та гідролізу у разі використання сировини з вмістом лігніну вище 20 %.

ДР 3.1. Накопичення відходів паперу

На даному етапі відбувається накопичення привезених відходів паперу у накопичувачу (рис. 3.4, позиція Зб–12.). В збірнику автоматично контролюється рівень заповнення (рис. 6.2, позиція КП–12.1).

ДР 3.2. Подрібнення відходів паперу (рис. 3.3).

Транспортування сировини від збірника до дробарки відбувається за допомогою фронтального навантажувача. Подрібнення косубстрату здійснюють за допомогою дробарки (рис. 3.4, позиція Др–13). Розміри часток сировини на виході становлять 3–4 мм. Після подрібнення паперові відходи

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

47

специфічний біоценоз найбільш пристосованих до даних умов мікроорганізмів. Відомо [42], що процес гідролізу перебігає краще за низьких значень рН = 5–6, за яких відбувається інгібування процесу метаногенезу. При цьому за використання посліду, який має підвищене значення рН, процес не потребує стадії нейтралізації. Процес проходить у гідролізаторі (рис. 3.4, позиція Гд-18) при мезофільному режимі і інтенсивному перемішуванні. В гідролізатор подається теплоносії для інтенсифікації процесу гідролізу. Також для процесу гідролізу в ємність подається очищена вода з ПВ 9.3 (рис. 3.3).

ДР 4 Одержання субстрату для зброджування (рис. 3.3).

Косубстрати, а саме послід, відходи паперу або очерету, подаються в ємність для приготування субстрату за допомогою шнекових транспортерів (рис. 3.4, позиції Ш–11, Ш–15, Ш–19 відповідно). Змішування косубстратів відбувається у визначених пропорціях за сухою речовиною: 60% посліду, 40% целюлозовмісної сировини, куди подається очищена вода після зневоднення зброженого залишку (рис. 3.3, позиція 9.3.) або з трубопроводу. Процес здійснюють у змішувачі (рис. 3.4, позиція Зб–20), який обладнано мішалкою.

ТП 5. Метанове зброджування (рис. 3.3).

Анаеробне зброджування відбувається у реакторі (метантенку) (рис. 3.4, позиція М–22), в якому контролюється рівень заповнення, (рис. 3.4, позиція КП–22.1) за анаеробних умов та фіксованої температурі процесу 37 ± 2 °С, (рис. 3.4, позиція КП–22.3), перемішування проводиться двома мішалками (погружною та бічною), накопичування газу відбувається в газгольдері перекритті. У процесі зброджування в газовій порожнині реактора постійно підтримується невисокий надлишковий тиск, що інтенсифікує процес газогенерації, сприяє мікроперемішуванню й боротьбі з кіркоутворенням (за рахунок відбору пухирців газу, що піднімають легкі частки гною на поверхню рідини).

Завантаження реактора виконується відповідно до обраної дози та тривалості зброджування в автоматичному режимі (допускається перехід на

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 49 |

технологічному процесі.

ПВ 9.1. Аеробне очищення фільтрату та відстоювання (рис. 3.3). 2/3 фільтрату, що утворився в процесі зневоднення (стадія ТП 8) перекачується за допомогою насосу в усереднювач (рис. 3.4, У-32). З усереднювача вода після зневоднення зброженої біомаси надходить в аероакселератор, куди подається повітря зі стадії ДР 1 для аерації. В аероакселераторі вода (фільтрат) витримується протягом визначеного часу в залежності від концентрації ХСК та азоту амонійного у вхідному фільтраті. Резервуар аероакселератору позиція (рис. 3.4, А-34) обладнаний контролем рівня (рис. 3.4, КП-34.1), датчиком розчиненого кисню (рис. 3.4, позиція КП-34.2), датчиком азоту нітратного (рис. 3.4, позиція КП-34.3), азоту нітритного (рис. 3.4, КП-34.4) для контролю за проходження процесу нітрифікації.

ПВ 9.2. Процес денітрифікації (рис. 3.3). 1/3 фільтрату після декантування перекачується насосом (рис. 3.4, позиція Н-33) на анаеробну стадію в денітрифікатор (рис. 3.4, Де-36), туди ж перекачуються вода з стадії аеробного очищення (нітрифікації), Інокулят у денітрифікаторі збагачено *апаттох*-бактеріями. На цій стадій амонійний азот з фільтрату взаємодіє з нітритами після аеробної обробки з утворенням молекулярного азоту, який вивільнюється у вигляді бульбашок газу. Резервуар денітрифікатора Де-36 обладнано контролем рівня (рис. 3.4, позиція КП-36.1) та датчиком азоту амонійного (рис. 3.4, позиція КП-36.2), азоту нітратного (рис. 3.4, позиція КП-3 3.3). ПВ 9.3. Відстоювання (рис. 3.3).

На цій стадії відбувається видалення з фільтрату після очищення зважених частинок. Видалення відбувається за допомогою двоярусного відстійника (рис. 3.4, позиція В-38). Осад подається на стадію зневоднення зброженої біомаси ТП 8.

Вода після видалення сполук нітрогену повертається на стадію зволоження субстрату ДР 3.3* та ДР 4.

Збір та зберігання твердої фракції (рис. 3.4, Д-25) здійснюється

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

52

закритому резервуарі (бункері) (рис. 3.4, позиція 3б–43) з метою накопичення добрив для внесення на поля.

Оскільки дане добриво не може використовуватися для продажу, оскільки не відповідає вимогам (ДСТУ 4516:2006) за показником вологості, то воно може використовуватися у власних цілях на сільськогосподарських угіддях підприємства, на базі якого встановлено БГУ.

| | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|-------------|-----|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взаєм.інв.№ | Інв.№ дцл. | Підп. і дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 53 |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | | |

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вимоги безпеки праці при роботі у птахівництві

Робітник повинен:

Перед початком роботи отримати від керівника робіт завдання.

Перед роботою надіти спецодяг. Забороняється переодягатися поблизу рухомих деталей і механізмів машин і обладнання. Ознайомитись із записами про стан безпеки праці у черговому журналі та вжити заходів до усунення зазначених недоліків.

Включити освітлення і переконатися, що робоче місце достатньо освітлене.

Оглянути робоче місце. Переконатися, що підлога чиста, суха, не слизька, без вибоїн та інших дефектів.

Перевірити наявність та справність інструменту, інвентарю, пристосувань, ручних візків, тари тощо. Переконатися в наявності та справності усіх огорожень, захисних пристроїв, електропроводки, заземлюючих (занулюючих) проводів.

Впевнитися, що заземлюючі пристрої технологічного устаткування знаходяться в справному стані.

Переконатися, що столи для сортування інкубаційних яєць, підніжні ерев'яні настили не мають пошкоджень, цвяхів, що стримлять, та інших гострих предметів, які можуть призвести до травми. Заздалегідь погоджувати з напарником прийоми виконання роботи. Перевіряти справність газового улаштування та блокування входних дверей камери газациї яєць і тари із системою вентиляції камери, а також наявність плаката: "Не заходити! Камера газується" (справність світлового табло).

Переконатися в справності розетки та електричного кабелю ручного приладу – овоскопа, а також скляного покриття міражного універсального столу для визначення придатності яєць для інкубації.

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

54

Впевнитися в справності пересувних візків і правильному штабелюванні ящиків з яйцями.

Отримати мийні та дезінфекційні засоби в кількості, необхідній на одну робочу зміну, та камеру для газациї яєць у відповідності з експлуатаційною документацією.

Перевірити наявність та безпечність зберігання мийних та дезінфекційних речовин.

Перед початком роботи перевірити наявність води, мила, рушника біля рукомийника. Впевніться в наявності і комплектності аптечки першої допомоги.

Роботи в інкубаторіях

Під час роботи робітник повинен:

Бути уважним під час руху транспорту до місця розвантаження інкубаційних яєць. Не знаходитись на вантажно-розвантажувальному майданчику під час руху транспорту. Не працювати в легкому взутті. Взуття повинно бути зручним, з неслизькою підшвою, на низькому, широкому каблучі з пряжками або шнурками.

Тару з яйцями піднімає, переносити та складати у штабелі на ручні візки удвох, погоджуючи між собою безпечні прийоми роботи. Не допускати утворення слизьких та брудних місць на підлозі при випадковому падінні яєць тощо. Під час очищення, миття, дезінфекції приміщення, інкубаторів, камери газациї яєць, тари тощо застосовувати засоби індивідуального захисту:

прогумований комбінезон (фартух), рукавички, чоботи гумові, респіратор, захисні окуляри, а також спеціальний інструмент, пристосування і драбини.

При використанні респіратора робити 5-хвилинні перерви через кожні 30 хв. праці. Після закінчення роботи зробити запис у черговому журналі операторів.

Механік-оператор інкубаторію повинен:

Під час обслуговування камери газациї яєць і тари постійно слідкувати за показаннями контрольно-вимірювальних приладів, роботою системи вентиляції та блокування, за правильністю показань знаків безпеки та своєчасно допускати

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ дцфл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк
55

палива, електроенергії; порушення ізоляції електропроводу, кабелю, тощо. Дотримуйтеся заходів, які застерігають розвиток аварійної ситуації. Усувати несправності електрообладнання дозволяється тільки електротехнічному персоналу.

При порушенні стійкості штабеля тари негайно зробіть перекладку. Не залишайте штабель в небезпечному стані. Пошкоджену тару з гострими кінцями металевої обв'язки, поламаними рейками тощо приберіть в безпечне місце. При виникненні пожежі подайте сигнал пожежної безпеки, негайно повідомте про це керівника робіт, пожежну частину і приступіть до гасіння пожежі наявними засобами, виключіть всі електрифіковані установки та обладнання.

При ураженні електричним струмом якнайшвидше звільніть потерпілого від його дії, для цього швидко вимкніть рубильником ту частину електроустановка, до якої торгається потерпілий.

4.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимкнути обладнання, електроустановку, органи керування установіть у нейтральне положення. На пускових улаштуваннях вивісити плакати: "Не вмикати! Працюють люди". При однозмінній роботі установити автоматичне керування обладнанням на ніч. Перевірити і забезпечити надійність зберігання дезінфекційних речовин, а також безпечний стан камери газациї яєць і тари. Вивісити попереджувальні знаки безпеки в місцях, де були виявлені і не усунуті порушення вимог безпеки. Навести порядок і прибрати робоче місце. Очистити інструмент, інвентар, пристрої і покласти у відведене місце. Зняти і привести в порядок спецодяг і засоби індивідуального захисту. При здачі зміни повідомити змінника про технічний стан обладнання і розказати про особливості виконання роботи. Повідомити керівника робіт про всі негаразди, помічені в процесі роботи, і вжиті заходи щодо їх усунення. Закрити всі ворота, двері. На останні вихідні двері поставити пломбу.

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

Арк

57

4.4 Заходи по поліпшенню охорони праці на птахофабриці

Зробивши аналіз стану охорони праці ми виявили деякі недоліки:

- недостатньо виділяють коштів;
- інструктажі проводяться не в повному обсязі;
- на роботах з підвищеною небезпекою не надають додаткові перерви на цих роботах;

Для покращення умов праці я пропоную:

- виділяти більш коштів на заходи з охорони праці і виділені кошти обов'язково використовувати за призначенням;
 - на роботах з підвищеною небезпекою забезпечувати працівників безкоштовним харчуванням та надавати обов'язкові додаткові перерви на цих роботах;
 - головним фахівцям і керівникам спецпідрозділів вчасно і якісно забезпечувати проведення інструктажів з охорони праці;
 - всім посадовим особам та спеціалістам пройти перевірку знань з охорони праці з обов'язковою видачею посвідчення про перевірку знань;
 - обладнати куточки з охорони праці на робочих місцях та забезпечити працюючих як посадовими інструкціями так і інструкціями з охорони праці;
 - не допускати використання електромеханічного устаткування в несправному стані, регулярно перевіряти всі робочі агрегати і механізми;
- Виконання внесених пропозицій підвищить охорону праці і знизить рівень травматизму в господарстві.

4.5 Організація цивільної оборони на об'єкті господарювання

Відповідальність за організацію та стан Цивільної оборони, за постійну готовність її сил і засобів до проведення РІНР несе начальник цивільної оборони (НЦО) об'єкта – керівник підприємства. На об'єкті залежно від характеру його

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

виробничої діяльності створюються служби ЦО: оповіщення і зв'язку; медична; радіаційного та хімічного захисту; охорони громадського порядку; протипожежна; енергопостачання та світломаскування; аварійно-технічна; сховищ і укриттів; транспортна; матеріально-технічного постачання та інші.

На них покладаються виконання спеціальних заходів і забезпечення дій формувань при проведенні РІНР.

Керівництво службами здійснюють їх начальники, які призначаються наказом начальника ЦО об'єкта, з числа начальників відділів, цехів, на базі яких вони створені. Начальники служб зобов'язані підтримувати в постійній готовності сили та засоби служби, знати політичні, моральні і ділові якості підлеглих і проводити з ними виховну роботу, заняття та навчання.

Начальники служб беруть участь у розробленні плану дій органів управління і сил із запобігання і ліквідації НС та самостійно розробляють необхідні документи служб. На них покладається своєчасне забезпечення підлеглих формувань спеціальним майном і технікою.

Керівник, як начальник ЦО об'єкта, підпорядковується відповідним посадовим особам міністерства, а також начальнику ЦО міста (району) на території якого розташований об'єкт.

Основними завданнями адміністрації підприємства є:

- забезпечення захисту працівників господарства;
- розробки і здійснення організаційних робіт з підвищення безпеки роботи

ОГ

і їх стійкості в умовах надзвичайних ситуацій;

- створення і оснащення формувань для ліквідації надзвичайних ситуацій;
- підготовка керівного складу з питань цивільної оборони;

До складу керівництва ОЦ об'єкта входить:

- начальник ЦО;
- заступник по евакуації;
- заступник по замиській зоні;

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| | | | | |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |

ТС 22510368

- заступник по технічній частині.

Керівник має право віддавати розпорядження від імені начальника ОЦ.
Оповіщення виробничого персоналу здійснюється по адміністративній вертикалі.

Кожен працівник приписаний до певного загону ЦО і повинен виконувати покладені на нього обов'язки з ліквідації наслідків аварій.

| | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-----|
| Інв.№ подл. | Підп. і дата | Взаєм.інв.№ | Інв.№ дцдл. | Підп. і дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 60 |
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | | |

ВИСНОВКИ

Встановлено залежність виходу біогазу від компонентного складу целюлозовмісного косубстрату при ферментації посліду. Підвищення вмісту лігніну та нерозчинної целюлози у косубстраті (очерет та конопля) знижує швидкість розкладу сировини і вихід біогазу на 40 % при співвідношенні послід/косубстрат 1:1, але підвищує вміст метану у біогазі на 19 % за використання очерету по відношенню до традиційного косубстрату – відходів кукурудзи. При підвищенні вмісту посліду у субстраті до 60 %, вихід біогазу за використання як косубстрату очерету переважає його вихід за використання кукурудзи на 29 %, що дає змогу замінити кукурудзу на очерет для одержання біогазу з посліду.

Визначено, що швидкість перетворення субстрату у біогаз залежить від співвідношення інокуляту до субстрату за сухою речовиною. Визначено, що для підвищення виходу біогазу та вмісту метану в ньому співвідношення інокулят/субстрат повинно бути не менше 1:1, при використанні очерету оптимальним співвідношенням є 2:3.

Розроблено технологічну та апаратурну схеми безвідходної технології одержання біогазу при коферментації пташиного посліду з подальшою його когенерацією з отриманням електричної енергії та теплоносія. Запропонована технологія в порівнянні з іншими дозволяє зменшити собівартість утилізації пташиного посліду та зменшити навантаження на навколишнє середовище.

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

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаблій О. Соціально-економічна географія України. -Львів: Світ, 2015.- 268 с.
2. Україна: прогноз розвитку продуктивних сил. - К.: РВПС України НАН України, 2016. - Том II (додатки).
3. Клименко Л.П. Техноекологія. – Одеса.: фонд Екопрінт, - Сімферополь.: «Таврія», 2010. – 405-423с.
4. Царенко О.М. Економіка та менеджмент екологізації АПК: монографія /Царенко О.М., Щербань В.П., Тархов П.В. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2002. – 256 с.
5. Бондаренко В. Гуано на добро // Агросектор, 2007 № 10-11 (24-25) '2007
6. Мацієв А.І. Практикум з моніторингу та інженерних методів охорони довкілля. // Мацієв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. – Рівне: ВАТ “Рівненська друкарня”, 2002. – 460 с.
7. 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.
8. Посібник до розроблення матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (до ДБН А.2.2-1-2003), Харків, 2004.
9. Пояснювальна записка до проекту ДСТУ «Послід птиці. Технології біологічного перероблення» / Д. М. Гриценко, І. І. Івко, Г. В. Єрмішов, В. В. Ковач. – К., 2012. – 5 с.
10. Гранично допустимий вміст мікроорганізмів у пташниках/ А. Б. Байдевятов, А. Ф. Прокудін, Г. А. Зон [та інш.] // Птіцеводство. – 1982.- № 6. – С. 32-33.
11. Про екологічний аудит: [Закон України]// Відомості Верховної Ради (ВВР).– 2004.-№ 45. – С. 500.

| |
|--------------|
| Підп. і дата |
| Інв.№ докл. |
| Взаєм.інв.№ |
| Підп. і дата |
| Інв.№ подл. |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк 62 |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----------|

12. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення: [Закон України] // Відомості Верховної Ради України. – 1994.- № 27. – С. 219.
13. Про охорону атмосферного повітря: [Закон України] // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1992. – № 50. – С. 678.
14. Про охорону навколишнього природного середовища: [Закон України]// Відомості Верховної Ради (ВВР). – 1991. – № 41.–Ст. 546.
15. Voća N. Digested residue as a fertilizer after the mesophilic process of anaerobic digestion / N. Voća, T. Krička, T. Ćosić, V. Rupić, Ž. Jukić, S. Kalambura // Lantsoilenviron. – 2005. – V.51. – № 6. – P. 262–266.
16. Панцхава Є. С. Біогаз - високорентабельне паливо / Є. С. Панцхава, М. М. Шипілов, А. П. Пауков, Н. Д. Ковальов // Електронний журнал енергосервісної компанії «Екологічні системи». - №4. – 2008 р. – Режим доступу: http://www.esco.co.ua/journal/2008_4/art107.htm.
17. Schlegel M. Essential technical parameters for effective biogas production / M. Schlegel, N. Kanswohl D. Rösse, A. Sakalauskas // Agronomy Research. – 2008. – № 6 (Special issue). – P. 341–348.
18. Rongzhong Ye. pH controls over anaerobic carbon mineralization, the efficiency of methane production, and methanogenic pathway in peatlands across a nitrification gradient / Ye Rongzhong, Jin Qusheng, Bohannan Brendan, Jason K. Keller, Steven A. McAllister, Scott D. Bridgman // Soil Biology & Biochemistry. – 2012 – № 54. – P. 36–47.
19. Lyberatos G. Modelling of anaerobic digestion – a review / G. Lyberatos, I.V. Skiadas // Global Nest: the Int. J. – 1999. – V. 1, № 2. – P. 63–76.
20. Adekunle K. F. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion / K. F. Adekunle, J. A. Okolie // Advances in Bioscience and Biotechnology. – 2015. – № 1. – P. 205–212.
21. Ziemiński K. Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms / K. Ziemiński, M. Frac // African

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

- Journal of Biotechnology. – 2012. – V. 11. – № 2. – P. 4127–4139.
22. Joshua O. S. Fundamental Principles of Biogas Product / O. S. Joshua, G. J. Ejura, I. C. Bako, I. S. Gbaja, Y. I. Yusuf // International Journal of Scientific Engineering and Research. – 2014. – V. 2. – № 11. – P. 47–50.
23. Suresh B. Mathematical modelling, finite element simulation and experimental validation of biogas–digester slurry temperature / S. Baral, S. P. Pudasaini, S. N. Khanal, D. B. Gurung // International Journal of Energy and Power Engineering. – 2013. – V. 2. – № 2. – P. 128–135.
24. Manimegalai R. Isolation and identification of acetogenic and methanogenic bacteria from anoxic black sediments and their role in biogas production / R. Manimegalai, L. R. Gopinath P. Merlin Christy, D. Divya // International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences. – 2014. – V. 4. – № 3. – P. 156–164.
25. Laskria N. Comparative Study for Biogas Production from Different Wastes / N. Laskria, N. Nedjaha // International Journal of Bio–Science and Bio–Technology. – 2015. – V. 7. – № 4. – P. 39–46.
26. Garcia J.L. Taxonomy and ecology of methanogens / J.L. Garcia // FEMS Microbiology Reviews. – 1990. – № 87. – P. 297 – 308.
27. Jones W. J. Methanogens and the Diversity of Archaeobacteria / William J. Jones, David P. Nagle, Jr., William B. Whitman // Microbiological reviews. – 1987. – V. 51. – № 1. – P. 135 – 177.
28. Fazli P. Characteristics of Methanogens and Methanotrophs in Rice Fields: A Review / P. Fazli, H. Che Man, U. Kalsom Md Shah, A. Idris // Mol. Biol. Biotechnol. – 2013. – V. 21. – № 1. – P. 3–17.
29. Megonigal J. P. Anaerobic Metabolism: Linkages to Trace Gases and Aerobic Processes / J. P. Megonigal, M. E. Hines, P. T. Visscher // Biogeochemistry. – 2004. – P. 317–424.
30. Adekunle K. F. A Review of Biochemical Process of Anaerobic Digestion / K. F. Adekunle, J. A. Okolie // Advances in Bioscience and Biotechnology. – 2015. – №6. – P. 205–212.

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

31. Ziemiński K. Methane fermentation process as anaerobic digestion of biomass: Transformations, stages and microorganisms / K. Ziemiński, M. Frąć // African Journal of Biotechnology. – 2012. – V.11. – №18. – P. 4127–4139.
32. Raposo F. Influence of inoculum to substrate ratio on the biochemical methane potential of maize in batch tests. Process Biochem / F. Raposo, C. J. Banks, I. Siegert, S. Heaven, R. Borja // Process Biochemistry. – 2006. – V.41. – № 6. – P. 1444–1450.
33. Pham C. H. Factors Affecting Process Temperature and Biogas Production in Small-scale Rural Biogas Digesters in Winter in Northern Vietnam / C. H. Pham, C. C. Vu, S. G. Sommer, S. Bruun // Asian Australas. J. Anim. Sci. – 2014. – V. 27 – № 7. – P. 1050–1056.
34. Tanimu M. I. Effect of Carbon to Nitrogen Ratio of Food Waste on M. I. Tanimu, Tinia I. M. Ghazi, R. M. Harun, A. Idris // Management and Technology. – 2014. – V. 5. – № 2. – P. 116–119.
35. Blake Lynsay I Response of Methanogens in Arctic Sediments to Temperature and Methanogenic Substrate Availability / Blake, A. Tveit, L. Ovreas, Ian M. Head, Neil D. Gray // Plos one. – 2015. – V. 16. – № 10. – P. 1–18.
36. Nozhevnikova A. N. Evidence for the Existence of Psychrophilic Methanogenic Communities in Anoxic Sediments of Deep Lakes / A. N. Nozhevnikova, K. Zepp, F. Vazquez, A. J. B. Zehnder, C. Holliger // Applied Environ Microbiology. – 2003. – V. 69. – №.10. – P. 1832–1835.
37. Navickas K. Influence of temperature variation on biogas yield from industrial wastes and energy plants / K. Navickas, K. Venslauskas, A. Petrauskas, V. Zuperka / Engineering for rural development. – 2013. – P. 405–410.
38. Rashed M. B. The Effect of Temperature on the biogas Production from Olive Pomace / M. B. Rashed // University Bulletin – ISSUE. – 2014. – V. 3. – № 16 – P. 135–148.
39. Мазема Ю. В. Вплив температури на утворення біогазу з відходів целюлозно-паперового виробництва / Ю. В. Мазема, О. О Семінський //

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Вісник ІХФ. – 2011. – V. 7. – № 1. [Електронне видання]. – Режим доступу. – <http://ihf.kpi.ua/files/downloads/222%5B1%5D.pdf>.

40. Sibiya Noxolo T. Effect of Temperature and pH on The Anaerobic Digestion of Grass Silage / Noxolo T Sibiya, E. Muzenda, H. B. Tesfagiorgis // Sixth International Conference on Green Technology, Renewable Energy and Environmental Engineering. Cape Town. South Africa. – 2014. – P. 198–201.
41. Dobre P. Main factors affecting biogas production – an overview / P. Dobre, F. Nicolae, F. Matei / Romanian Biotechnological Letters. – 2014. – V. 19. – № 3. – P. 9283–9296.
42. Kreuger E. Biogas production from hemp – evaluation of the effect of harvest time on methane yield / E. Kreuger, F. Escobar, S. E. Svensson, L. Björnsson // Biomass and bioenergy. – 2011. – V. 35. – P. 893–900.
43. Angelidaki I.I. A comprehensive model of anaerobic bioconversion of complex substrates to biogas / I. I Angelidaki, L. Ellegaard, B. K. Ahring // Biotechnol Bioeng. – 1999. – V. 63. – № 3. – P. 363–372.
44. Rongzhong Ye. pH controls over anaerobic carbon mineralization, the efficiency of methane production, and methanogenic pathways in peatlands across an ombrotrophic–minerotrophic gradient / Ye. Rongzhong, Jin Qusheng, Bohannan Brendan, Jason K. Keller, Steven A. McAllister, Scott D. Bridgham // Soil Biology & Biochemistry. – 2012. – № 8 – P. 36–47.
45. Yu H. Q. Acidogenesis of gelatin-rich wastewater in an upflow anaerobic reactor: influence of pH and temperature / H. Q. Yua, H. H. P. Fang // Water Research. – 2003. – № 37 – P. 55–66.
46. Ponsa S. Optimization of the hydrolytic–acidogenic anaerobic digestion stage (55 °C) of sewage sludge: Influence of pH and solid content / S. Ponsa, I. Ferrer, F. Varzquez, X. Font // Water research. – 2008. – № 42 – P. 3972–3980.
47. Kheiredine B. Effect of Starting pH on the Produced Methane from Dairy Wastewater in Thermophilic Phase / B. Kheiredine, K. Derbal, M. Bencheikh–

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

- Lehocine // Chemical engineering transactions. – 2014. – V. 38. – P. 511–516.
- 48.Toma L. Animal manure as substrate for biogas production / L. Toma, G. Voicu, M. Ferdes, M. Dinca // Engineering for rural development. – 2016. – P. 629–634.
- 49.Akutsua Y. Effects of temperature and substrate concentration on biological hydrogen production from starch. / Y. Akutsu, Yu–You Li, H. Haradaa, H. – Q. Yu // international journal of hydrogen energy. – 2009. – № 34 – P. 2558 – 2566.
- 50.Liua L. Optimization and evaluation of an air–recirculated stripping for ammonia removal from the anaerobic digestate of pig manure / L. Liua, C. Pang, S. Wub, R. Dong // Process Safety and Environmental Protection. – 2015. – № 94. – P. 350–357.
- 51.Jayaraj S. Study on the effect of pH on biogas production from food waste by anaerobic digestion / S. Jayaraj, B. Deepanraj, V. Sivasubramanian // 9th Annual Green Energy Conference in Tianjin China. – 2014. – P. 799–805.
- 52.Ezekoye V. A. Effect of Retention Time on Biogas Production from Poultry Droppings and Cassava Peels / V. A. Ezekoye, B. A. Ezekoye, P. O. Offor // Nig J. Biotech. – 2011. – V. 11. – P. 53–59.
- 53.Recebli Z. Biogas production from animal manure / Z. Recebli, S. Selimli, M. Ozkaymak, O. Gonc // Journal of Engineering Science and Technology. – 2015. – V. 10. – № 6. – P. 722–729.
54. Kosobucki P. The Influence of Temperature on the Process of Dynamic Methane Fermentation of Sewage Sludge / P. Kosobucki, B. Buszewsk, Ł. Górski // Polish J. of Environ. Stud. – 2008. – V. 17. – № 3. – P. 369–375.
- 55.Chelliapan S. Effect of hydraulic retention time on up–flow anaerobic stage reactor performance at constant loading in the presence of antibiotic tylosin / S. Chelliapan, T. Wilby, P. J. Sallis // Brazilian Journal of Chemical Engineering. – 2011. – V. 28. – № 1. – P. 51–61.
- 56.Wellinger A. Process design of agricultural digesters / A. Wellinger // Ettenhausen. – 1999. – 28 p.

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|-----------|-------|------|
| Вул | Арк | № док.ум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|-----------|-------|------|

ТС 22510368

57. Kon Kim J. Effects of Temperature and Hydraulic Retention Time on Anaerobic Digestion of Food Waste / J. Kon Kim, B. Rock Oh, Y. Nam Chun, S. Wouk Kim // Journal of bioscience and bioengineering. – 2006. – V. 102. – № 4. – P. 328–332.
58. Dlabaja T. Optimization of anaerobic fermentation of kitchen waste / T. Dlabaja, J. Malat'ák // Res. Agr. Eng. – 2013. – V. 59. – № 1. – P. 1–8.
59. Zashkova L. Heat transfer processes in a biogas-reactor / L. Zashkova, N. Penkova, R. Karamfilowa // Task quarterly. – 2006. – V. 9. – № 4. – P. 427–438.
60. Шаяхметов Р. Г. Вплив конструкцій циркуляційних пристроїв на інтенсифікацію роботи метантенків / Р. Г. Шаяхметов // Молодий учений. – 2010. – № 12. – Т. 1. – С. 43–45.
61. Manea E. Simulation of mechanical mixing in anaerobic digesters / E. Manea, D. Robescu // U.P.B. Sci. Bull. – 2012. – V. 74. – № 2. – P. 235–242.
62. Суслов Д. Ю. Перемішування біомаси в біореакторі отримання біогазу / Д. Ю. Суслов // Епоха науки. 2015. – V. 1. – № 4. – P. 444–447.
63. Караева Ю. В. Гідравлічне перемішування плаваючої корки й осаду в метантенку / Ю. В. Караева // Сб. ст. За матеріалами XXXVIII міжнарод. наук. – практ. конф. – 2014. – V. 1. – № 9. – С. 33–37.
64. Goswami S. Optimization of Methane Production from Solid Organic Waste / S. Goswami. – 2015. – 13 p.
65. Ghasimi S. M. D. The Effect of C:N:P ratio, volatile fatty acids and Na⁺ levels on the performance of an anaerobic treatment of fresh leachate from municipal solid waste transfer station / S. M. D. Ghasimi, A. Idris, T. G. Chuah, B. T. Tey // African Journal of Biotechnology. – 2009. – V. 8. – № 18. – P. 4572–4581.
66. Effects of increasing levels of stearidonic acid on methane production in a rumen in vitro system / P. Amaro, M. R. G. Maia, R. J. Dewhurst, A. J. M. Fonseca, A. R. J. Cabrita // Animal Feed Science and Technology. – 2012. – V. 1. – № 173. – P. 252–260.
67. Franke-Whittle I. H. Investigation into the effect of high concentrations of

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

volatile fatty acids in anaerobic digestion on methanogenic communities / I. H. Franke-Whittle, A. Walter, C. Ebner, H. Insam // Waste Management. – 2014. – V. 1. – № 34. – P. 2080–2089.

68. M. Kettner, Te Finsterwalder, S. Volk, R. Janssen // Published by University of Southern Denmark Esbjerg. – 2008. – 126 p.

69. Subramani T. Mathematical Model for Commercial Production of Biogas from Sewage Water and Kitchen Waste / T. Subramani, M. Nallathambi // International Journal of Modern Engineering Research. – 2012. – V. 2. – № 4. – P. 1588–1595.

70. Jalc D. Effect of unsaturated C18 fatty acids (oleic, linoleic and α -linolenic acid) on ruminal fermentation and production of fatty acid isomers in an artificial rumen / D. Jalc, M. Certik, K. Kundrikova, P. Namestkova // Veterinarni Medicina. – 2007. – V. 3. – № 52. – P. 87–94.

71. Liotta F. Methane and VFA production in anaerobic digestion of rice straw under dry, semi-dry and wet conditions during start-up phase / F. Liotta, L. Pontoni // Environmental Technology. – 2016. – V. 37. – № 5. – P. 505–512.

72. Okonkwo U. C. Comparative study of the optimal ratio of biogas production from various organic wastes and weeds for digester/restarted digester / U. C. Okonkwo, E. Onokpita, A. O. Onokwai // Journal of King Saud University – Engineering Sciences. – 2016. – 7 p.

73. Carillo P. Bacterial and Archaeal Communities Influence on Methane Production / P. Carillo, C. Carotenuto, F. Di Cristofaro, C. Lubritto, M. Minale, A. Mirto, B. Morrone, S. Papa, P. Woodrow // Chemical engineering transactions. – 2014. – V. 37. – P. 859–864.

74. Merlin C. Microbial dynamics during anaerobic digestion of cow dung / C. Merlin, P. Gopinath, L. R. Divya // International Journal of Plant, Animal and Environmental. – 2014. – V. 4. – № 4. – P. 86–94.

75. Guarino G. Does the C/N ratio really affect the Bio-methane Yield, A three years investigation of Buffalo Manure Digestion / G. Guarino, C.

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 69 |

Carotenuto, F. di Cristofaro, S. Papa, B. Morrone, M. Minale // Chemical engineering transactions. – 2016. – V. 49. – P. 463–468.

76. Wang X. Effects of Temperature and Carbon–Nitrogen (C/N) Ratio on the Performance of Anaerobic Co–Digestion of Dairy Manure, Chicken Manure and Rice Straw: Focusing on Ammonia Inhibition / X. Wang, X. Lu, F. Li, G. Yang // Open Access. – 2014. – V. 9. – № 5. – P. 1–7.

77. Robertson G. P. Nitrogen transformations / G. P. Robertson, P. M. Groffman // Soil microbiology, ecology and biochemistry. Fourth edition. Academic Press, Burlington, Massachusetts, USA. – 2015. – P. 421–446.

78. Ghasimi S. M. D. The Effect of C:N:P ratio, volatile fatty acids and Na⁺ levels on the performance of an anaerobic treatment of fresh leachate from municipal solid waste transfer station / S. M. D. Ghasimi, A. Idris, T. G. Chuah, B. T. Tey // African Journal of Biotechnology. – 2009. – V. 8. – № 18. – P. 4572–4581.

79. Baseline Performance Monitoring of Commercial Dairy Anaerobic Digester / C. Frear, W. Liao, T. Ewing, S. Chen // CSANR Research Repor. – 2010. – 14 p.

80. Petersson A. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean / A. Petersson, M.H. Thomsen, H. Hauggaard–Nielsen, A. Thomsen // Biomass and Bioenergy. – 2007. – № 31. – P. 812–819.

81. Капустін В. П. Перерабка відходів тваринництва та птахівництва / В. П. Капустін, А. В. Уйменов // Питання сучасної науки та практики. – 2007. – V. 2. – № 4. – С. 23–26.

82. Aremu M. O. Enhanced biogas production from poultry droppings using corn–cob and waste paper as co–substrate / M. O. Aremu, S. E. Agarry // International Journal of Engineering Science and Technology. – 2013. – V. 5. – № 2. – P. 247–253.

83. Keano N. The effect of natural water with cow dung and agricultural waste ratio on biogas production from anaerobic co–digestion / N. Keanoi, K. Hussaro, S. Teekasap // American Journal of Environmental Science. 2013. – № 9. – P.

| | |
|---------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв. № докл. | |
| Взаєм. інв. № | |
| Підп. і дата | |
| Інв. № подл. | |

| | | | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|-------------|-----|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата | ТС 22510368 | Арк |
| | | | | | | 70 |

529–536.

84. Голуб Н. Б. Вплив концентрації ацетату на процес утворення біогазу // Н. Б. Голуб, О. А. Козловець // Матеріали XV міжнародної науково-практичної конференції «Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті». – м. Київ, 2014. – С. 358–360.
85. Yeqing Li. Biogas production from co-digestion of corn stover and chicken manure under anaerobic wet, hemi-solid, and solid state conditions / Li Yeqing, Z. Ruihong, Ch. Chang, L. Guangqing, He Yanfeng, L. Xiaoying // Bioresource Technology. – 2013. – № 149. – P.406–412.
86. Komulainen M. Reed energy – Possibilities of using the Common Reed for energy generation in Southern Finland / M. Komulainen, P. Simi, E. Hagelberg, I. Ikonen, S. Lyytinen // Reports from Turku University of Applied Sciences 67. – 2008. – 81 p.
87. Rodríguez P. Methane fermentation of the poultry manure as an alternative and environmentally friendly technology of its management / P. C. Rodríguez, W. Czekala, A. Lewicki, J. dach, K. Pilarski, R. Mazur // Archives of Waste Management and Environmental Protection. – 2014. – V.16. – № 1. – P. 21–26.
88. Zhang T. Improved Biogas Production from Chicken Manure Anaerobic Digestion Using Cereal Residues as Co-substrates / T. Zhang, Y. Yang, L. Liu, Y. Han, G. Ren, G. Yang. – 2014. – V. 28. – № 4. – P. 2490–2495.
89. Sebola M. R. Methane Production from Anaerobic Codigestio of Cow Dung, Chicken Manure, Pig Manure and Sewage Waste / M. R. Sebola, H. B. Tesfagiorgis, E. Muzenda // Proceedings of the World Congress on Engineering. – 2015. V. 1. [Електронне видання]. – 7 p. – Режим доступу. – http://www.iaeng.org/publication/WCE2015/WCE2015_pp592-598.pdf.
90. Ismail N. Anaerobic digestion of cow dung for biogas production / N. Ismail, Baba Shehu Umar Ibn Abubakar // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2012. – V. 7. – № 28. – P. 169–172.
91. Fujita M. Effect of corn stover addition on the anaerobic digestion of swine

| | |
|--------------|--|
| Підп. і дата | |
| Інв.№ докл. | |
| Взаєм.інв.№ | |
| Підп. і дата | |
| Інв.№ подл. | |

| | | | | |
|-----|-----|----------|-------|------|
| Вул | Арк | № докум. | Підп. | Дата |
|-----|-----|----------|-------|------|

ТС 22510368

Арк
71

ДОДАТКИ

