

ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТВАРИННИЦТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ТВЕРДОФАЗНОГО ФЕРМЕНТЕРА

Л Рудик ДНУ “УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого”
<https://orcid.org/0000-0001-7475-2342>

Анотація. Процес анаеробної ферментації органічної маси став відомим порівняно не-давно. Використання метанотвірних організмів знайшло широке застосування в технології біоконверсної ферментації гною та інших органічних відходів, в якому кінцеві продукти складаються в основному з двооксиду вуглецю і метану.

Метою дослідження є підвищення ефективності утилізації вторинної сировини тваринництва відповідно до Закону України «Про вторинні продукти тваринного походження» та отримання високоякісних біологічно активних добрив з використанням твердофазного ферментера.

У питанні розвитку технологій твердофазної ферментації необхідно приділити увагу удосконаленню мікробіологічних процесів ферментації біомаси та пошуку ефективних конструкційно-технологічних рішень ферментерів, особливо це стосується технологічних операцій завантаження біомаси, її безперервного перемішування і дотримання стабільного темпера-

турного режиму роботи ферментера.

Узявши до уваги всі аспекти твердофазної ферментації, науковцями УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого був запропонований твердофазний ферментер з використанням нового конструктивного рішення подачі органічної маси по криволинній трубопроводу.

З використанням методики біоенергетичної оцінки біоконверсних технологій визначено напрямки підвищення біоенергетичного коефіцієнта, тобто, зростання біоенергетичної ефективності виробництва на перспективу.

Отже, ферментація органічної маси дає змогу вирішити економічні, екологічні та санітарно-епідеміологічні проблеми, які виникають унаслідок накопичення великої кількості відходів тваринництва, а виробництво біогазу є однією з безвідходних технологій, яка виконує природоохоронну і ресурсощадну функцію.

Ключові слова: твердофазний ферментер, органічна маса, біомаса, тверді відходи тваринництва, біогаз, рідкофазна/твердофазна ферментація.

Постановка проблеми. Світове сільське господарство, за різними оцінками, визнане техногенним типом науково-технічного прогресу. Утворення, рециклінг/переробка та знешкодження відходів – це один з видів техногенного процесу, про що говорить Закон України «Про вторинні продукти тваринного походження» [1], який поширюється на побічні продукти тваринного походження, продукти оброблення, переробки побічних продуктів тваринного походження.

Побічні продукти тваринного походження належать до категорій I - III залежно від ступеня ризику для здоров'я людини та тварин.

Побічні продукти тваринного походження, що належать до категорії I, підлягають виключно видаленню.

Видалення відбувається спаленням в утилі-

заторах та теплогенераторах (ТГУ) для органічних відходів при високій температурі (до 1300 °C) з дотриманням екології та енергозбереження.

Щодо побічних продуктів тваринного походження, що належать до категорії II, у тому числі до гною, встановлено спеціальні і досить суворі умови поводження. Їх необхідно:

- переробити на органічні добрива після обов'язкового оброблення шляхом стерилізації під тиском;

- компостувати або перетворити на біогаз після оброблення стерилізацією під тиском або іншими рівноцінними методами;

- піддати стерилізації під тиском або обробити іншими рівноцінними методами та використати для фармацевтичного, хірургічного, промислового або сільськогосподарського ви-

робництва, крім виробництва кормів.

Слід зазначити, що стерилізацію під тиском визначено Законом як оброблення побічних продуктів тваринного походження після зменшення їхнього розміру до часток не більше 50 міліметрів за температури вище 133°C протягом не менше 20 хвилин без перерви за абсолютного тиску не менше як 3 бари. Фактично, через рік усім фермам необхідно буде здійснювати одну чи іншу обробку гною стерилізацією під тиском, що вимагатиме додаткових капіталовкладень у закупівлю і налаштування техніки, процесів обробки тощо, оскільки зараз, на практиці, більшість підприємств зберігає гній у лагунах і не піддає особливій обробці стерилізацією під тиском. Крім цього, це суттєво підвищить споживання електроенергії, що можливо вимагатиме додаткових узгоджень з облenerго та реконструкції підстанцій або електричних мереж.

Використання стерилізації під тиском фактично зводить нанівець виробництво з гною органічних добрив, оскільки після стерилізації гній втрапить корисні мікроорганізми та поживні елементи.

Отже, гній краще утилізувати безпосередньо, що є дешевше і менш енергозатратно.

Щодо побічних продуктів тваринного походження, які належать до категорії III (тобто, усіх інших побічних продуктів), господарства мають:

- стерилізувати їх під тиском або обробити іншими рівноцінними методами і використати для виробництва кормів тваринного походження, крім тих побічних продуктів тваринного походження, що змінилися від розкладання або псування та становлять ризик для здоров'я людини або тварини;

- переробити на органічні добрива, компостувати або перетворити на біогаз;

- стерилізувати під тиском або обробити іншими рівноцінними методами та використати для фармацевтичного, хірургічного, промислового або сільськогосподарського виробництва;

- переробити відповідно до технологій необхідних для виробництва продукції.

Відповідно до Закону України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною» вибір способу обробки продуктів тваринного походження

має здійснюватись з урахуванням екологічної безпеки довкілля, спеціалізації, типорозміру і потужності підприємства, способу утримання тварин, наявності достатніх полів для внесення органічних добрив, кліматичних, ґрунтових і гідро-геологічних умов та рельєфу місцевості тощо.

Заплановане і розпочате в Україні відродження тваринництва і птахівництва передбачає будівництво потужних промислових комплексів. Для забезпечення екологічних вимог до захисту довкілля необхідним і доцільним є використання біотехнологій утилізації вторинної сировини відходів, які дозволяють отримувати високоякісні органічні добрива для покращення екологічно безпечної продукції для харчування.

Оскільки промислове тваринництво і птахівництво - забрудники довкілля біологічними політантами та становлять екологічну небезпеку для довкілля наявністю в компонентах екосистеми патогенних мікроорганізмів.

Отже, завдяки використанню альтернативних методів утилізації вторинної сировини можна досягти покращення екологічної ситуації довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За даними останніх аналітичних досліджень на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва відбувається пошук різних біологічних альтернатив, зокрема біологізації індустріальних сільськогосподарських технологій. Упровадження біоконверсних технологій для виробництва, зокрема біологічно активних органічних добрив, що дасть змогу сільськогосподарським підприємствам широко застосовувати технологію біологічного та точного землеробства [2, 3].

Чималий внесок у дослідження та розвиток біологічних альтернатив, а саме органічних добрив зробили відомі спеціалісти: Ревенко І. І. [4], Таргоня В. С. [6], Голуб Г. А. [5], Лінник М. К., Сенчук М. М. [3], Єрмоленко В. О. [7] та багато інших дослідників.

На сьогоднішній день все більшого застосування набувають технології анаеробного збродження, які поділяються на рідкофазну і твердофазну ферментацію. Твердофазною мікробіологічною ферментацією біомаси лише починають займатися і тому вона ще не набула

великого поширення. Суть твердофазної ферментації полягає у проходженні біопроеесів в анаеробних умовах з відносно низькою вологістю зброджуваної маси (менше 85%).

Використовуючи органічну масу низької вологості отримуємо концентровані органічні речовини в одиниці об'єму завантаження, краще газовиділення, менше завантаження за об'ємом і витрати енергії на підігрівання сировини, покриття тепловтрат біореактора в навколишнє середовище.

Мета досліджень – підвищення ефективності утилізації вторинної сировини тваринництва та отримання високоякісних біологічно активних добрив з використанням твердофазного ферментера.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш поширеною як у нас у країні, так і за кордоном є технологія біоконверсії органічних відходів за способом рідкофазної ферментації, тобто метанове зброджування біомаси проходить за вологості субстрату 89-99%. Ця технологія вирішує триєдину задачу: ферментацію органічної маси, отримання біогазу, виробництво біологічно активних добрив [8-10].

Як показує практика, під час утилізації органічних відходів найбільш ефективними є біоконверсні технології. Вони поєднують у собі вирішення триєдиної задачі, а саме: продовольчої, енергетичної та екологічної.

Тож, на сьогодні технологічні аспекти твердофазної ферментації не достатньо вивчені.

Проаналізувавши загальні технологічні та технічні критерії твердофазної анаеробної ферментації, науковці УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого запропонували твердофазний ферментер [11] (рис. 1) з використанням нового конструкційного рішення подачі органічної маси по криволінійному трубопроводу [12], який складається з корпусу 1, закритого кришкою 2, який має газгольдер 3. Всередині ферментера 1 розташовано патрубок завантаження 5 та калорифер 7 так, що патрубок завантаження 5 проходить крізь калорифер 7. Також всередині ферментера 1 розташовано барботер 8 та пристрій для розвантаження 13. Нижня частина барботера 8 сполучена з інокулянтном 10, призначеним для збору рідкої фракції. Барботер 8 під'єднано до компресора 9, а інокулянт 10 під'єднано до насоса інокулянта 11 та розпилювача 12, встановленого всередині ферментера 1. Патрубок завантаження 5 сполучено з пристроєм для завантаження (поршнева установка для подачі органічної маси) 6 та з розподілювачем 4, який знаходиться всередині ферментера 1. Над розподілювачем 4 встановлено розпилювач 12. Компресор 9 під'єднано до вільної порожнини ферментера 1, контейнера для збору біогазу 14 та повітрязбірника 15, вивантаження з ферментера відбувається шнековими пристроями (13).

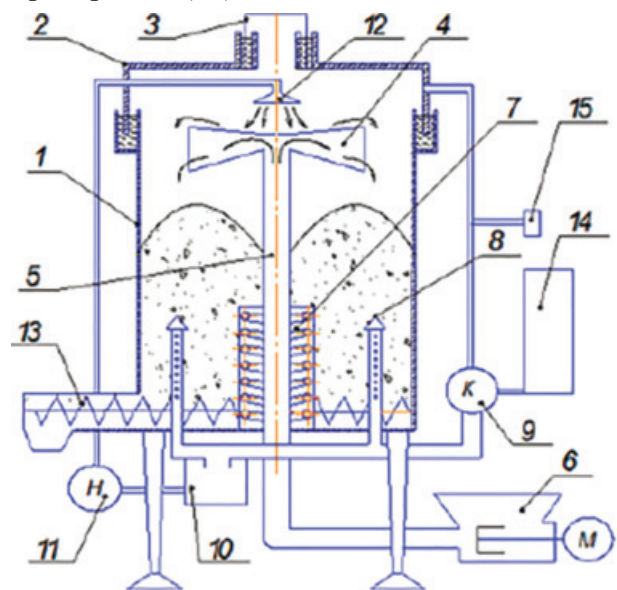


Рисунок 1 – Функціональна схема твердофазного ферментера з поршневою установкою для транспортування органічної маси.

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – газгольдер; 4 – розподілювач; 5 – патрубок завантаження; 6 – пристрій для завантаження (поршнева установка для подачі органічної маси); 7 – калорифер; 8 – барботер; 9 – компресор; 10 – інокулянт; 11 – насос інокулянта; 12 – розпилювач; 13 – шнекові пристрої для вивантаження; 14 – контейнер для збору біогазу; 15 – повітрязбірник.

Під час переробки твердих органічних відходів твердофазний ферментер працює так (рис. 2). Органічна маса вологістю $W=76-82\%$ за допомогою поршневої установки для подачі органічної маси завантажується до криволінійного патрубку завантаження, з якого вона надходить до внутрішньої порожнини ферментера, через розподілювач органічна маса рівномірно розміщується по внутрішній порожнині ферментера. За допомогою калорифера органічна маса, яка рухається по криволінійному патрубку нагрівається до заданої температури толерантного режиму, оптимальної для проведення біохімічних процесів, та підтримується під час твердофазної ферментації.



Рисунок 2 – Ферментер та установка для подачі органічної маси

Внаслідок ферментаційних процесів із органічної маси у ферментері починає виділятися біогаз, який накопичується в газгольдері та використовується для нагрівання органічної маси під час транспортування в твердофазний ферментер і для побутових потреб ферми. Перекачується газ компресором у контейнер для збору біогазу. За необхідності, для підтримання визначеного середовища всередині корпусу ферментера, компресором нагнітається біогаз в барботер. Як відомо, під час тривалої ферментації рідка фракція органічних відходів збирається на дні контейнера – ферментера. Задля підтримання належної вологості сировини використовують інокулянт. Рідка фракція, яка може виділятися надходить із сировини крізь отвори барботера в інокулянт, звідки вона насосом інокулянта перекачується до розпилювача, що зрощує зверху органічну масу у ферментері.

Процес подачі органічної маси відбувається в поточно-пульсаційному режимі, тобто завантаження відповідає вивантаженню за добу.

Після закінчення циклу процесу ферментації зброджена органічна маса вивантажується шнековими пристроями, після цього цикл може бути повторений.

Для визначення коефіцієнта енергетичної ефективності твердофазного ферментера вихідна біомаса під час її збродження повинна мати такі фізико-хімічні та мікробіологічні показники [7]:

- підготовлена маса повинна бути свіжою з

максимальним вмістом органічних речовин;
 - маса повинна бути транспортабельною і не містити включень розміром більших 30 мм;
 - експозиція збродження від 4 до 30 діб;
 - концентрація сухої речовини в субстраті не повинна перевищувати 50%;

- лужність в межах 1500-5000 $\frac{\text{мг}(\text{CaCO}_2)}{\text{л-субстрату}}$;
- кислотність рН = 6,5-7,5;
- вміст летких кислот в межах 600-1500

$\frac{\text{мг}}{\text{л-субстрату}}$

- температура збродження субстрату в межах 33-54°C;
- відношення поживних речовин в субстраті: C:N:P=75:5:1 або 125:5:1;
- C:N=10:1 або 30:1;
- N:P=5:1.

Одним із основних показників ефективності біоконверсії органічної маси в анаеробних умовах (без доступу повітря) під час експлуатації твердофазного ферментера є фактичний вихід біогазу за добу, тобто фактична кількість виробленої енергії (МДж).

Для розрахунку коефіцієнта ефективності твердофазного ферментера необхідно визначити показники, які характеризують технологічний процес біоконверсії органічної маси та вихід кінцевого продукту, в нашому випадку це біоенергія у вигляді біогазу CH₄.

Витримавши вимоги до вихідної біомаси й експериментально одержавши техніко-технологічні показники, визначаємо коефіцієнт ефективності твердофазного ферментера за такою методикою [3].

Технологічний розрахунок параметрів твердофазного ферментера проводили, виходячи із маси гною, який підлягає переробці, а також його вологості. Сімейна ферма на 50 голів з підстилковим утриманням корів дає 2750 кг гною за добу, враховуючи сечу.

Вміст абсолютно сухої речовини (кг)в гною визначали за формулою:

$$P_c = \frac{M(100-w)}{100} \quad (1)$$

де М – добовий вихід гною з ферми, кг/добу;
 w – вологість гною, %.

$$P_c = \frac{2750(100-78)}{100} = 605 \text{ кг}$$

З умови, що в середньому в гною міститься до 20% неорганічних речовин, кількість сухої

органічної речовини у масі гною (кг) визначали за формулою:

$$P_o = 0,8P_c$$

$$P_o = 0,8 \cdot 605 = 484 \text{ кг.} \quad (2)$$

Кількість біогазу (м³/добу), який отримують у процесі бродіння гною визначається за формулою:

$$W = P_o k_o k_b \quad (3)$$

де k_o – коефіцієнт розкладання органічної речовини ($k_o=0,3$);

k_b – вихід біогазу під час розкладання 1 кг органічної речовини ($k_b=0,380 \text{ м}^3/\text{кг}$).

$$W = 484 \cdot 0,3 \cdot 0,380 = 55 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм твердофазного ферментера (м³) визначали за формулою:

$$V = \frac{M \cdot K \cdot K}{\rho} \quad (4)$$

де K_1 – коефіцієнт запасу, $K_1=1,2$; K_2 – експозиція зброжування, діб ($K_2=5$);

ρ – питома вага твердого посліду, $\rho = 0,9 \text{ кг/м}^3$;

$$V = \frac{2,750 \cdot 1,2 \cdot 5}{0,9} = 18 \text{ м}^3$$

Для цього твердофазного ферментера вибрали тривалість бродіння 5 діб, тому температура, яку необхідно підтримувати – 42°C.

Загальні витрати тепла становлять:

$$Q_n = Q_o + Q_b + Q_a \quad (5)$$

де Q_o – втрати тепла в тепломережі, кДж; Q_b – тепло, яке необхідне для підігріву твердих відходів до температури технологічного процесу, кДж; Q_a – втрати тепла в твердофазному ферментері, кДж.

Слід зазначити, що втрати тепла в тепломережі за результатами досліджень складають до 1%, тому, проводячи аналіз, їх можна не враховувати.

Необхідна кількість тепла для підігрівання гною, який потрапляє в біореактор, розраховується за формулою:

$$Q_b = C m \Delta t_n \quad (6)$$

$$\Delta t_n = t_l - t_6, \quad (7)$$

де C – питома теплоємність гною, кДж/кг·град; t_l – температура технологічного процесу, °C; t_6 – температура гною, °C; m – маса гною (продуктивність за добу), кг.

$$Q_b = 1,73 \cdot 2750 \cdot 27 = 128453 \text{ кДж}$$

$$\Delta t_n = 42 - 15 = 27^\circ\text{C.}$$

Витрати тепла визначали за формулою, кДж:

$$Q = 0,001 \frac{\Delta t \tau c}{\frac{\alpha}{\alpha} + \sigma^n \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} \quad (8)$$

де $\Delta t_b = t_1 - t_a$;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності, кДж/кг °C – для металу приймається 45 Вт/м град; скловата 0,037 Вт/м град;

δ_i – товщина стінки, м;

t_a – розрахункова температура навколишнього середовища, °C;

F_c – загальна площа поверхні біореактора, м²;

τ – розрахунковий період, с, $\tau = 24 \text{ год} = 86400 \text{ с}$;

α_1, α_2 – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м² град, для рідини під час природної конвекції $\alpha_1 = 116,3 - 1163 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$; для газів під час природної конвекції $\alpha_2 = 5,82 - 34,9 \text{ Вт/м}^2 \text{ град}$ [13].

$\Delta t_b = 27^\circ\text{C}$; $\Delta t_b = 42 - 20 = 22^\circ\text{C}$; $\lambda_i = 45 \text{ Вт/м град}$; $\delta_i = 0,06 \text{ м}$; $F_c = S = 2\pi R h = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \cdot 3 = 30 \text{ м}^2$;

$$Q = 0,001 \frac{22 \cdot 86400 \cdot 30}{\frac{1}{640} + \frac{0,06}{45} + \frac{1}{20,3}} = 10389 \cdot 10^5 \text{ кДж}$$

Для проведення енергетичної оцінки біогазової установки необхідно врахувати витрати енергії на її виготовлення та встановлення:

$$Q_g = 24 q m_g, \quad (9)$$

де q – енергетичний еквівалент на 1 кг маси обладнання, кДж/кг·год; (рекомендується приймати 32000 кДж/кг·год);

m_g – маса обладнання, кг; 24 – кількість годин у добі, год.

$$Q = 24 \cdot 32000 \cdot 3500 = 2688 \cdot 10^6 \text{ кДж.}$$

Коефіцієнт виходу товарного біогазу розраховували за формулою:

$$\eta = 1 - \frac{n}{W} = 1 - \frac{7361 \cdot 10^3}{7792 \cdot 10^3} = 1 - 0,94 = 0,06, \quad (10)$$

де W – добовий вихід біогазу, м³/добу; n – кількість біогазу, необхідного для підтримання технологічного процесу, м²;

$$n = \frac{Q}{q \cdot \eta} = \frac{128453 + 10389 \cdot 10^5}{23 \cdot 10^3 \cdot 0,82} = 7361 \cdot 10^2, \quad (11)$$

де $q_{b.r.}$ – теплота згоряння біогазу, кДж/м³, $q_{b.r.} = 23000 \text{ кДж/м}^3$; η – коефіцієнт корисної дії котла.

$$W = G \cdot 0,8 \cdot \frac{(100 - w)}{100} v_{b.r.} q_{b.r.} = 2750 \cdot 0,8 \cdot 0,22 \cdot 0,7 \cdot 23000 = 7792 \cdot 10^3 \quad (12)$$

$v_{b.r.}$ вихід біогазу м³/кг СОР (кб.г=0,7 м³/кг).

Коефіцієнт енергетичної ефективності біогазової установки

$$\eta = \frac{W \cdot q_{\text{гн}}}{Q} = \frac{7792 \cdot 10^3 \cdot 23 \cdot 10^3}{138842 \cdot 10^5} = \frac{179216 \cdot 10^6}{138842 \cdot 10^5} = 12,9 \quad (13)$$

де $Q = Q_{\text{гн}} + Q_{\text{аз}} = 10389 \cdot 10^5 + 128453 = 138842 \cdot 10^5$.

Біогазова установка вважається енергетично ефективною за $\eta > 1$.

Отже, методика біоенергетичної оцінки біоконверсних технологій дозволяє виявити їхні найбільш енергоємні елементи, їхню конкурентоспроможність, а також визначити напрямки підвищення біоенергетичного коефіцієнта, тобто, зростання біоенергетичної ефективності виробництва на перспективу. Крім того, для порівняльної оцінки біоконверсних технологій поряд з визначенням затрат живої праці, пального, енергоємності засобів механізації необхідно врахувати затрати енергії на видалення гною, його накопичення, попередню підготовку для ферментації та енергоємності виробничих приміщень, споруд для його зберігання, а також біоенергетичні параметри.

Висновки.

7 квітня 2015 року був прийнятий Закон України «Про вторинні продукти тваринного походження», відповідно до цього Закону вторинні продукти тваринного походження повинні утилізуватися декількома способами, а саме: спалюванням, стерилізацією під тиском, компостуванням або перетворенням на біогаз.

Одним із перспективних напрямків утилізації вторинних продуктів тваринного походження є використання біотехнологій – рідкофазної або твердофазної ферментації, що в результаті дають високоефективні органічні добрива.

Загальновідомо, що органічні добрива позитивно впливають на агрофізичні властивості ґрунту. Під дією органічних добрив в ґрунті покращується мікроагрегатний склад та водостійкість макро- і мікроструктура, збільшується водоутримувальна здатність складу доступної ґрунтової вологи, швидкість інфільтрації, пористість, покращуються реологічні властивості. Внаслідок цього ґрунт із органічними добривами, порівняно зі звичайним без добрива, володіє кращою здатністю засвоювати вологу атмосферних опадів і віддавати її рослинам.

На сьогоднішній день технологічні аспекти твердофазної ферментації недостатньо вивчені. Важливу роль у процесі твердофазної ферментації та для зберігання в гної поживних речовин

відіграє підстилка. Чим підстилки більше, тим більший вихід гною та нижчі втрати азоту, фосфору і калію. За рахунок подрібнення соломи, яка більше поглинає сечі та газу, гній стає ефективнішим на 20-25 %.

Отже, науковцями УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого був запропонований твердофазний ферментер з використанням нового конструкційного рішення подачі органічної маси по криволінійному трубопроводу.

На основі методики розрахунку біогазових установок було отримано коефіцієнт енергетичної ефективності твердофазного ферментера, який показує що ефективніше використовувати тверду фракцію біомаси, ніж рідку фракцію гною з вологістю $W=87\%$ за якої коефіцієнт енергетичної ефективності у 2 рази нижчий $\eta=7,6$ чим під час твердофазної ферментації.

Література

1. Закон України «Про вторинні продукти тваринного походження»: за станом на 7 квітня 2015 р. / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 24, 171 с.
2. Ялі І.І. Механізація видалення гною на фермах і комплексах./ Ялі І.І., Дробот В.Ф. – К.: Урожай, 1981. – С. 64-72.
3. Лінник М.К. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив // Лінник М.К., Сенчук М.М. – Глеваха, 2012. – 248 с.
4. Ревенко І.І. Машина та обладнання для тваринництва / Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. – К: Кондор, 2011. – С. 471-511.
5. Біоенергетичні системи в аграрному виробництві Навч. пос. За ред. д.т.н, проф. Голуба Г.А. [Г.А. Голуб, С.М. Кухарець, О.А. Марус О.А.] – К.: НУБіП України, 2017. 229 с.
6. Використання біомаси на енергетичні потреби в сільському господарстві. Біогазові технології / [Таргоня В.С, Клименко В.П., Луценко М.М., Бабинець Т.Л.]; – Дослідницьке. – 2009. – 72 с.
7. Єрмоленко В.О. Біологічно активні добрива. Технологія виробництва [монографія]/ [В.О. Єрмоленко, Л.О. Рудик, О.В. Єрмоленко] – Черкаси ЧДТУ, 2013. 178 с.
8. Achfeld G. The methane generation-Feedlot Monag. 1981, V.22, №4.

9. Report and Recommendations on Organic Farming (Washington DC: USDA, 1980), p. xii. NAL Call# aS605.5 U52.

10. Sweeten J. Metane production from Livestok Waste.- Texas Agr. Progr. 1978, – P. 24.

11. Пат. 47949 Україна, МПК C02F 101/30, C02F 11/04, C02F 3/00. Ферментер / В.О. Кузьменко, С.В. Головченко, В.О. Єрмоленко; власник Кузьменко В.О. – № u200910446; заявл. 15.10.2009; опублік. 25.02.2010, Бюл. №4. – 3 с.

12. Пат. 48322 Україна, МПК C02F 11/04, C02F 3/00. Установа для подачі органічної маси / Л.О. Рудик, О.М. Зайченко, В.О. Єрмоленко; власник Рудик Л.О. – № u200910448; заявл. 15.10.2009; опублік. 10.03.2010, Бюл. №5. – 2 с.

13. Дозорець М.П. Основи теплотехніки і теплопостачання тваринницьких ферм. – К. Вища школа, 1973. –256 с.

Literatura

1. Zakon Ukrai'ny «Pro vtorynni produkty tvarynnogo pohodzhennja»: za stanom na 7 kvitnja 2015 r. / Vidomosti Verhovnoi' Rady (VVR), 2015, № 24, 171 s.

2. Jali I.I. Mehanizacija vydalennja gnoju na fermah i kompleksah./ Jali I.I., Drobot V.F. – K.: Urozhaj, 1981. – S. 64-72.

3. Linnyk M.K. Tehnologii' i tehnicni zasoby vyrobnyctva ta vykorystannja organichnyh dobryv // Linnyk M.K., Senchuk M.M. – Glevaha, 2012. – 248 s.

4. Revenko I.I. Mashyny ta obladnannja dlja tvarynnyctva / Revenko I.I., Braginec' M.V., Rebenko V.I. – K: Kondor, 2011. – S. 471-511.

5. Bioenergetychni systemy v agrarnomu vyrobnyctvi Navch. pos. Za red. d.t.n, prof. Goluba G.A. [G.A. Golub, S.M. Kuharec', O.A. Marus O.A.] – K.: NUBiP Ukrai'ny, 2017. 229 s.

6. Vykorystannja biomasy na energetychni potreby v sil's'komu gospodarstvi. Biogazovi tehnologii' / [Targonja V.S, Klymenko V.P., Lutsenko M.M., Babynech' T.L.]; – Doslidnych'ke. – 2009. – 72 s.

7. Jermolenko V.O. Biologichno aktyvni dobryva. Tehnologija vyrobnyctva [monografija]/ [V.O. Jermolenko, L.O. Rudyk, O.V. Jermolenko] – Cherkasy ChDTU, 2013. 178 s.

8. Achfeld G. The methane generation-Feedlot

Monag. 1981, V.22, №4.

9. Report and Recommendations on Organic Farming (Washington DC: USDA, 1980), p. xii. NAL Call# aS605.5 U52.

10. Sweeten J. Metane production from Livestok Waste.- Texas Agr. Progr. 1978, – P. 24.

11. Pat. 47949 Ukrai'na, MPK C02F 101/30, C02F 11/04, C02F 3/00. Fermenter / V.O. Kuz'menko, S.V. Golovchenko, V.O. Jermolenko; vlasnyk Kuz'menko V.O. – № u200910446; zajavl. 15.10.2009; opublik. 25.02.2010, Bjul. №4. – 3 s.

12. Pat. 48322 Ukrai'na, MPK C02F 11/04, C02F 3/00. Ustanovka dlja podachi organichnoi' masy / L.O. Rudyk, O.M. Zajchenko, V.O. Jermolenko; vlasnyk Rudyk L.O. – № u200910448; zajavl. 15.10.2009; opublik. 10.03.2010, Bjul. №5. – 2 s.

13. Dozorec' M.P. Osnovy teplotehnyky i teplopostachannja tvarynnyc'kyh ferm. – K. Vyshha shkola, 1973. –256 s.

Literature

1. Law of Ukraine "On secondary products of animal origin": as of April 7, 2015 / Information from the Verkhovna Rada (VVR), 2015, No. 24, 171 p.

2. Yali I.I. Mechanization of removal of manure on farms and complexes. / Yali I.I., Drobot V.F. - K.: Harvest, 1981. - P. 64-72.

3. Linnyk M.K. Technologies and technical means of production and use of organic fertilizers // Lynnyk M.K., Senchuk M.M. - Glevakha, 2012. - 248 p.

4. Revenko I.I. Machines and equipment for livestock breeding / Revenko I.I., Braginets MV, Rebenko V.I. - K: Condor, 2011. - P. 471-511.

5. Bioenergy systems in agrarian production. Pos Ed. Ph.D., prof. Golub G.A. [G.A. Golub, S.M. Kuharets, O.A. Marus] - K. : NUBiP of Ukraine, 2017. 229 p.

6. Use of biomass for energy needs in agriculture. Biogas technologies / [Targonja V.S, Klymenko V.P, Lutsenko M.M, Babinets T.L]; - Research. - 2009. - 72 p.

7. Yermolenko V.O. Biologically active fertilizers. Production technology [monograph] / [V.O. Yermolenko, L.O Rudyk, O.V. Yermolenko] - Cherkasy, ChTTU, 2013. 178 p.

8. Achfeld G. The methane generation-Feedlot

Monag. 1981, V.22, №4.

9. Report and Recommendations on Organic Farming (Washington DC: USDA, 1980), p. xii. NAL Call# aS605.5 U52.

10. Sweeten J. Metane production from Livestok Waste.- Texas Agr. Progr. 1978, – P. 24.

11. Pat. 47949 Ukraine, IPC C02F 101/30, C02F 11/04, C02F 3/00. Fermenter / V.O. Kuzmenko, S.V. Golovchenko, V.O. Yermolenko owner Kuzmenko V.O. - № u200910446; stated. October 15,

2009; Publications Feb 25, 2010, Bul. №4 - 3 p.

12. Pat. 48322 Ukraine, IPC C02F 11/04, C02F 3/00. Plant for feeding organic mass / L.O. Rudyk, O.M. Zaichenko, V.O. Yermolenko; owner Rudyk L.O. - № u200910448; stated. October 15, 2009; Publications Mar 10, 2010, Bul. №5 - 2 p.

13. Dozorets M.P. Fundamentals of heat engineering and heat supply of livestock farms. - K. Higher School, 1973. -256 p.

UDC 636:658.567

THE EFFICIENCY OF UTILIZATION OF LIVESTOCK WASTES WITH THE USAGE OF A SOLID-PHASE FERMENTER

Lesia Rudyk – Junior Research UkrNDIPVT L. Pohorilyi
<https://orcid.org/0000-0001-7475-2342>

***Summary.** The process of anaerobic fermentation of organic matter became known relatively recently. The usage of methane-forming organisms has been widely used in the technology of bioconversive fermentation of manure and other organic wastes, in which the final products consist mainly of carbon dioxide and methane.*

The purpose of the study is to increase the efficiency of utilization of secondary raw material of livestock in accordance with the Law of Ukraine "On Secondary Animal Products" and obtain high quality biologically active fertilizers using solid-phase fermenter.

In the development of solid-phase fermentation technologies, attention must be paid to the improvement of the microbiological processes of fermentation of biomass and the search for efficient structural and technological solutions of fermenters, especially regarding to the technological operations of biomass loading, its continuous mixing and the observance of a stable temperature

regime of the fermenter.

Talking into account all aspects of solid-phase fermentation, the scientists of UkrNDIPVT L. Pohorilyi have proposed a solid-phase fermenter by the usage a new constructive solution for supplying organic mass along a curvilinear pipeline.

Using the method of bioenergy assessment of bioconversive technologies, the directions of increasing the bioenergetic coefficient, that is, the growth of bioenergy efficiency of production have been determined for the future.

Thus, fermentation of the organic mass allows to solve economic, ecological and sanitary-epidemiological problems that are coming out as a result of the accumulation of a large amount of animal wastes, and the production of biogas is one of the non-waste technologies that performs an environmental and resource-saving function.

Key words: livestock wastes, solid-phase fermentation.

УДК 636:658.567

ЭФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЕРДОФАЗНОГО ФЕРМЕНТЕРА

Л Рудик ГНУ “УкрНИИПІТ ім. Л. Погорелого”
Lesia Rudyk – <https://orcid.org/0000-0001-7475-2342>

Аннотация. Процесс анаэробной ферментации органической массы стал известным сравнительно недавно. Использование метанобразующих организмов нашло широкое применение в технологии биоконверсной ферментации навоза и других органических отходов, в котором конечные продукты состоят в основном из двуокиси углерода и метана.

Целью исследования является повышение эффективности утилизации вторичного сырья животноводства в соответствии с Законом Украины «О вторичные продукты животного происхождения» и получения высококачественных биологически активных удобрений с использованием твердофазного ферментера.

В вопросе развития технологий твердофазной ферментации необходимо уделить внимание совершенствованию микробиологических процессов ферментации биомассы и поиска эффективных конструктивно-технологических решений ферментеров, особенно это касается технологических операций загрузки биомассы, ее непрерывного перемешивания и соблюдения стабильного температурного режима работы ферментера.

Приняв во внимание все аспекты твердофазной ферментации учеными УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого был предложен твердофазный ферментер с использованием нового конструктивного решения подачи органической массы по криволинейному трубопроводу.

С использованием методики биоэнергетической оценки биоконверсных технологий определены направления повышения биоэнергетического коэффициента, то есть, рост биоэнергетической эффективности производства на перспективу.

Таким образом, ферментация органической массы позволяет решить экономические, экологические и санитарно-эпидемиологические проблемы, возникающие вследствие накопления большого количества отходов животноводства, а производство биогаза является одной из безотходных технологий, которая выполняет природоохранную и ресурсосберегающую функцию.

Ключевые слова: твердофазный ферментер, органическая масса, биомасса, твердые отходы животноводства, биогаз, жидкофазная/ твердофазная ферментация.