

Додаток А  
Акт впровадження технології  
анаеробної переробки жиромісних відходів з утворенням біогазу  
в проектну документацію (стадія П) ДП «Державний будівельний комбінат  
управління справами Апарату Верховної Ради України»



УПРАВЛІННЯ СПРАВАМИ АПАРАТУ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ  
**ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО**  
«ДЕРЖАВНИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ КОМБІНАТ УПРАВЛІННЯ  
СПРАВАМИ АПАРАТУ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ»

Код 21586524, адреса: 01021, м. Київ, вул. Шовковична, буд. 12-б,  
місцезнаходження: 01008, м. Київ вул. Грушевського, буд. 5,  
тел.: +38044 255 70 95, електронна пошта: dbk\_vr@ukr.net, сайт: [www.dbkvr.com.ua](http://www.dbkvr.com.ua)

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Перший заступник директора



А.М. Балусєв

**АКТ**

впровадження технології

анаеробної переробки жиромісних відходів з утворенням біогазу

в проектну документацію (стадія П) ДП «Державний будівельний комбінат управління  
справами Апарату Верховної Ради України»

В процесі розробки розділу «Технологія виробництва (ТХ)» проектної документації «Переробка жиромісних відходів заводу з виробництва шкіри зі свинячих шкур» ДП «Державний будівельний комбінат управління справами Апарату Верховної Ради України» були використанні технологічні рішення дисертаційного дослідження Шинкарчук Мальвіни Володимирівни.

Запропонована технологія передбачає переробку жиромісних відходів, які утворюються в процесі обробки шкур свиней до стадії дублення, шляхом метанового зброджування в мезофільному режимі з отриманням біогазу. Для можливості збільшення виходу біогазу прийнято технологічне рішення, яке полягає у косубстратному зброджуванні жиромісних відходів з послідом у двостадійній ферментації.

Першою технологічною стадією переробки сировини є її підготовка до зброджування шляхом подрібнення. Після подрібнення розмір часток досягає 5-10 мм. Після подрібнення

шнековими насосами сировина подається до реактора-змішувача на гомогенізацію. В реактор подається рідка фракція для доведення суміші до необхідної вологості. Співвідношення компонентів субстрату жировмісні відходи/послід - 9:1 за сухою органічною речовиною. Мішалка забезпечує ефективну гомогенізацію сировини завдяки розміщенню під кутом 45 градусів. Гомогенізована сировина подається на метантенк за допомогою системи верхньої загрузки, облаштованої шнеками.

Перша стадія ферментації – метанове зброджування – відбувається у метантенку при температурі  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} = 6,8 - 7,1$  та періодичному перемішуванні. Значення  $\text{pH}$  підтримується шляхом часткового періодичного відведення збродженої фракції та періодичного додавання нового субстрату. Отриманий на першій стадії ферментації біогаз містить 60 % метану.

Друга стадія ферментації – дозброджування – відбувається у реакторі-доброджувачі при температурі  $40 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} = 6,8 - 7,1$  та періодичному перемішуванні. Вміст метану в біогазі становить 70-72 %.

Отриманий біогаз накопичується в газгольдері, звідки подається на очищення та когенерацію. Теплоносій у виді гарячої води, отриманий внаслідок охолодження турбіни когенераційної установки, направляється на підтримання температури в реакторах I-ої та II-ої стадії зброджування. Надлишок тепла поступає на обігрів виробничих приміщень шкіряного заводу. Електроенергія використовується у власних потребах, надлишок електроенергії реалізується в місцеву електромережу національного ринку електроенергії по зеленому тарифу. Вихід біогазу за розрахунком прийнятий  $84,6 \text{ м}^3/\text{т COP}$ , концентрація метану ( $\text{CH}_4$ ) не менше 66%.

Перевагами розробленої технології анаеробної переробки жировмісних відходів шкіряного виробництва є:

- вихід біогазу з високим вмістом метану (60-72%);
- можливість використання рідкої перебродженої фракції повторно;
- технологія дає можливість заміни посліду, який використовується в технології, на відходи кукурудзи, у випадку відсутності можливості застосування посліду;
- використання коферментації дозволяє оптимізувати співвідношення C:N, що покращує процес метанового зброджування без додавання ферментних препаратів або термічної обробки відходів, які використовуються в подібних технологіях;
- побічним продуктом є біодобриво, що можна застосовувати замість міндобрив.

Окрім технології переробки жировмісних відходів, в проекті передбачено будівництво вузла сепарації перебродженої фракції, внаслідок чого вона розділяється на рідку і тверду

фракції, які можна реалізувати як основу для біодобрива, або використовувати замість мінеральних добрив. Таке рішення має переваги у зручності зберігання великих обсягів перебродженої фракції.

Перший заступник директора



А.М. Балусєв

Професор кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», д.т.н



Н.Б. Голуб

Асистент кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», к.т.н.



І.І. Левтун

Аспірант кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»



М.В. Шинкарчук

Аспірант кафедри екобіотехнології та біоенергетики НТУУ «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»



А.В. Шинкарчук

Додаток Б  
Акт випробувань дослідно-промислової установки для анаеробної  
переробки  
відходів шкіряного виробництва (міздрі) ТОВ «Слава»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Директор ТОВ «Слава»

Фень О.В.



2020 р.

### **АКТ**

випробувань дослідно-промислової установки для анаеробної переробки відходів шкіряного виробництва (міздрі) ТОВ «Слава»

У період з серпня 2018 року до жовтня 2018 року на основі відходів ТОВ «Слава» з метою впровадження біотехнології анаеробної переробки міздрі виробництва шкіри з шкур ВРХ для подальшого одержання біогазу та біодобрив були проведені випробування дослідно-промислової установки.

Продуктивність дослідно-промислової установки становила 2 кг/добу міздрі.

Дослідно-промислова установка включала вузол подрібнення міздрі, реактор для зброджування оснащений електропідігрівом, вбудованою мішалкою та змінними елементами інертного носія, газопроводи для відведення біогазу в газгольдер, газгольдер з факелом для спалювання, а також систему відведення перебродженої фракції, накопичувальну ємність для збору перебродженої біомаси, насос для перекачування її до реактора на повторне зброджування. Для виготовлення інокуляту використовували послід птиці.

У реактор подавали подрібнену суміш міздрі (міздря 1 відмоки та міздря 2 відмоки) в пропорції 1:1, разом з рідкою фракцією після зброджування. Вміст сухої органічної речовини (СОР) в реакторі 7,5% - 9 %, температура –  $39 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Для забезпечення неперервності процесу частину об'єму реактора видаляли через систему відведення перебродженої фракції, і таку ж кількість суміші міздрі додавали у реактор. Переброджену біомасу через систему відведення збирали в накопичувальну ємність, відстоювали і за допомогою насосу рідку фракцію перекачували до реактора при завантаженні.

Обсяг отриманого біогазу фіксували протягом всього періоду зброджування, при заповненні газгольдера на 90% біогаз спалювали.

Результати випробувань дослідно-промислової установки для анаеробної переробки міздрі виробництва шкіри з шкур ВРХ дозволяють зробити наступні висновки:

1. Спостереження за роботою дослідно-промислової установки, визначення виходу біогазу, систематичний контроль за кількістю та якістю поданої міздрі та її ступеню розкладу на виході, дозволяють зробити висновок, що установка працює стабільно при температурі  $39 \pm 1$  °С при періодичному перемішуванні протягом 10 хвилин кожних 2 години.

2. Вихід біогазу складав  $70 \text{ дм}^3/\text{кг СОР}$ . Вміст метану в біогазі становив 66 %.

3. Для забезпечення біотехнологічного процесу отримання біогазу з міздрі необхідно використовувати коферментацію. Як косубстрат пропонується використання посліду, який забезпечує середовище джерелом нітрогену та мікроелементами, необхідними для розвитку анаеробної асоціації мікроорганізмів

4. Рідку переброджену фракцію можна використовувати як рідину для підтримання необхідної вологості середовища.

5. Вміст сухої органічної сировини у реакторі -  $7,5 \pm 0,5$  %.

6. При роботі установки впливи на навколишнє середовище відсутні: тверді відходи (переброджена фракція) можна використовувати як біодобриво, рідкі відходи (переброджена рідка фракція) – як рідину для технологічного процесу та добриво для рослин. Також відсутні аерозольні викиди, негативні естетичні враження.

7. Одержання біогазу з міздрі не вимагає використання складних технологій. Переробка жиромісних відходів забезпечує одержання відновлюваного джерела енергії з одночасним виробництвом добрива.

Враховуючи специфіку утворення відходів (а саме – два різновиди міздрі з різних стадій виробництва) та їх розміри (фракції 1-15 см), пропонується:

1) проводити попередню підготовку міздрі до процесу анаеробного зброджування, а саме подрібнення відходів здійснювати за допомогою дробарок, які забезпечують розмір частинок 1-5 мм, що підвищує доступ мікроорганізмів до сировини;

2) співвідношення відходів з різних стадій повинно становити 1:1 в розрахунку на суху органічну речовину, що дасть можливість утилізувати всі відходи та підвищити вихід біогазу за рахунок збільшення вмісту міздрі другої відмоки;

3) в процесі зброджування застосовувати свіжі відходи, які зберігали не довше 1-2 діб в теплу пору року, та 4-5 діб в холодну пору року, оскільки довший термін зберігання призводить до розмноження гнильної мікрофлори, що негативно впливає на життєдіяльність видів мікроорганізмів в асоціації;

4) в холодну пору року необхідно підігрівати відходи до  $15-17$  °С, для забезпечення сталості процесу метаногенезу при внесенні субстрату до реактора. Рациональна температура процесу  $-39 \pm 1$  °С;

5) перед подачею в метантенк для забезпечення рівномірного розподілу мікроелементів та інших поживних речовин, що містяться у косубстраті

необхідно гомогенізувати відходи. При чому перед подачею косубстрату у змішувач його також необхідно подрібнювати в окремій дробарці. Рациональним співвідношенням жиромісна сировина : косубстрат є 9:1, що дає можливість підвищити швидкість утилізації жиромісних відходів та рентабельність процесу;

6) як косубстрат рациональним є використання посліду, а за його відсутності мулу очисних споруд підприємства. Така сировина стабілізує рН та забезпечує асоціацію мікроорганізмів необхідними мікроелементами;

7) як рідину для доведення вологості сировини до рационального значення для процесу ферментації та утворення біогазу використовувати рідку фракцію після стадії дозброджування відходів. вміст сухої органічної речовини в реакторі зброджування повинен становити  $7,5\% \pm 0,5\%$ ;

8) для забезпечення рівномірного надходження поживних речовин до мікроорганізмів асоціації в процес зброджування необхідно проводити періодичне перемішування протягом 10 хвилин кожні 2 години з частотою обертів мішалки 60 об/хв.;

9) оптимальне значення рН середовища в реакторі повинно знаходитись в межах 6,8...7,2; в разі залуговування або закислення середовища необхідно стабілізувати його значення стандартними методами, додаючи кислоту/луг;

10) оскільки використовуються відходи, що містять домішки, які впливають на життєдіяльність мікроорганізмів, необхідно визначати їх концентрацію в сировині перед початком її надходження до метантенку для запобігання перевищення максимальних значень, що не впливають на перебіг процесу та вихід метану.

11) з урахуванням високої енергетичної складової відходів (білки, жири) та тривалим терміном їх утилізації необхідно забезпечити двостадійний процес зброджування з загальним періодом зброджування не менше 23 діб. Використання двостадійного процесу дозволяє підвищити продуктивність мулу в першому реакторі та вміст метану в біогазі;

12) В процесі зброджування необхідно здійснювати наступний контроль:

- над вхідною сировиною, що буде зброджуватися;
- робочого середовища для визначення значення рН та співвідношення ФОС/ТАК (біомаса відбирається через пробовідбірники);
- рівня сировини в метантенку під час вивантаження / завантаження;
- температури реактора та тиску біогазу у газгольдері.

Заступник головного інженера

В.О. Ходаківський

Професор кафедри екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.т.н

Н.Б. Голуб

Аспірант кафедри екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського

М.В. Шинкарчук

Аспірант кафедри екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського

А.В. Шинкарчук



Додаток В

Акт впровадження результатів дисертаційної роботи Шинкарчук М.В.  
на тему «Біотехнологія отримання біогазу із жиромісної сировини»  
в учбовий процес

## ЗАТВЕРДЖУЮ



Перший проректор

«КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
академік НАН України, проф.

Ю.І. Якименко

2020 р.

## АКТ

впровадження результатів дисертаційного дослідження аспірантки кафедри екобіотехнології та біоенергетики Шинкарчук Мальвіни Володимирівни на тему ««Біотехнологія отримання біогазу із жировмісної сировини»».

Комісія у складі:

Голова – завідувач кафедри екобіотехнології та біоенергетики КПІ ім. Ігоря Сікорського, д.х.н. проф. Кузьмінський Є.В.

Члени комісії – проф., д.т.н., проф. Саблій Л.А.;  
доц. к.т.н., доц. Щурська К.О.

цим Актом засвідчує, що результати дисертаційного дослідження Шинкарчук М.В. на тему: ««Біотехнологія отримання біогазу із жировмісної сировини»» використані співробітниками кафедри екобіотехнології та біоенергетики факультету біотехнології та біотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» при підготовці та викладанні курсів лекцій «Біоенергетика», «Переробка біомаси та відходів», при розробці лабораторних та практичних занять для підготовки студентів за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія».

В навчальний процес було впроваджено:

- 1) вплив складу жировмісної сировини на вихід біогазу;
- 2) методи підвищення продукування метану у ферментативних процесах;
- 3) параметри технологічного процесу одержання біогазу при переробці жировмісних відходів при збагаченні інокуляту продуцентами метану, толерантними до антибіотиків;
- 4) методику визначення видів метаногенів, толерантних до антибіотиків;
- 5) методику підбору косубстратів для підвищення виходу метану та збагачення середовища мікроелементами.

Впровадження отриманих за дисертаційною роботою Шинкарчук М.В. результатів дослідження в начальний процес підвищує якість підготовки студентів за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія» так як відображає стан та перспективи розвитку наукових досліджень в галузі біоенергетики та екобіотехнології в Україні та світі.

**Голова комісії**

д.х.н., проф.

(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Кузьмінський Є.В.

(прізвище та ініціали)

**Члени комісії**

д.т.н., проф.

(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Саблій Л.А.

(прізвище та ініціали)

к.т.н., доц.

(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

Щурська К.О.

(прізвище та ініціали)

«    » \_\_\_\_\_ 2020 р.