

УДК 620.92

Н.Б.Голуб¹, докт.техн.наук, М.В.Потапова² (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського", Київ)

Вплив співвідношення косубстратів на вихід біогазу при утилізації післяспиртової барди

Розглянуто вплив вмісту посліду на запуск процесу продукування біогазу з післяспиртової барди. Показано, що застосування посліду дозволяє підвищити значення рН до значень, за яких відбувається процес метаногенезу. Визначено раціональне співвідношення компонентів субстрату за сухою органічною речовиною – післяспиртова барда:послід 1:1,7 для максимального виходу біогазу. За таких умов вихід біогазу складає 265 см³/г СОР із вмістом метану 70±2%. Бібл. 17, табл. 4, рис. 2.

Ключові слова: післяспиртова барда, послід, біогаз, косубстрат, коферментація.

ORCID: ¹0000-0003-1448-1872; ²0000-0001-9689-3912

Вступ. Виробництво спирту супроводжується проблемою переробки та утилізації відходів виробництва. Основним відходом спиртової галузі є післяспиртова барда (ПСБ), яка утворюється у великих обсягах: 8-15 дм³ на 1 дм³ спирту [1]. На виході з технологічного процесу ПСБ має температуру 80-90°C, значення рН – 3,7-4,6, високу концентрацію розчинених та нерозчинених органічних речовин, значення ХСК може досягати 40-150 г/дм³, БСК – 20-90 г/дм³, що призводить до ускладнення процесів її утилізації [1, 2]. Характеристики ПСБ змінюються залежно від сировини, яку використовують для виробництва спирту – жито, пшениця, кукурудза, ячмінь, овес, просо, картопля, меляса, дефектний цукровий буряк, а також деревина та відходи сільськогосподарських рослин [3]. В Україні спирт виробляється в основному з пшениці, кукурудзи та меляси.

На теперішній час існує багато способів переробки ПСБ, які базуються на фізико-хімічних методах. Але вони є енерго- та ресурсозатратними і не вирішують проблему її утилізації за високих об'ємів виробництва. Співвідношення ХСК:БСК – 1,8-1,9 свідчить про придатність ПСБ до біологічної переробки. Одним із методів може бути анаеробна переробка з одержанням біогазу. В результаті процесу зброджування можна одержати: біогаз, який використовується для потреб виробництва, очищену стічну воду (ХСК знижується на 60-90%), осад, що є високоякісним доб-

ривом, який можна використовувати для підвищення врожаю зернових та інших культур [4].

Анаеробний спосіб переробки післяспиртової барди здійснюється в різних за конструкцією реакторах: біореактор з іммобілізованою плівкою, UASB-реактор, реактор із псевдозрідженим шаром (AFB-реактор), анаеробний реактор періодичної дії з перемішуванням. Також очищення висококонцентрованої стічної води, що собою являє післяспиртова барда, здійснюють у дво- або одностадійному процесі, фільтрацією у ставках [1, 4].

При використанні UASB-реактора при зброджуванні кукурудзяної барди виникає проблема виносу активного мулу. Це пов'язано з високим вмістом жирів, які адсорбуються на поверхні гранул активного мулу, спричиняючи його флокацію [5].

Основною проблемою використання післяспиртової барди для отримання біогазу є низьке значення рН розчину, що унеможливує процес метаногенезу, оптимальне значення рН для якого – 6,8-7,5. Також проблемою є забезпечення співвідношення елементів живлення С:N:P (75-125):5:1, оскільки барда містить недостатню кількість нітрогену. Тобто, без коригування значення рН та співвідношення елементів живлення процес метаногенезу не буде відбуватись.

В роботі [6] показано вплив на вихід біогазу при додаванні до барди з цукрової тростини ніт-

рогену (сечовини), фосфату (KH_2PO_4) та мікроелементів. Додаткове введення елементів привело до підвищення виходу біогазу на 25% по відношенню до процесу з використанням тільки барди при гідравлічному навантаженні 9,6 г ХСК/дм³/добу. Кореляцію співвідношення ХСК та нітрогену проводили за допомогою сечовини також у роботі [7]. Було визначено, що для добування біогазу з післяспиртової барди оптимальним є співвідношення ХСК:N – 600:7.

Для підвищення значення рН при зброджуванні барди з пшениці додавали розчин CaCO_3 ; для забезпечення необхідного співвідношення органічних елементів – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та сечовину; як інокулянт використовували коров'ячий гній [8]. За таких умов вихід біогазу складав 352 см³/г СОР.

Також коров'ячий гній використовували як інокулянт для зброджування післяспиртової барди з цукрової тростини в роботі [8]. Визначено залежність виходу біогазу від концентрації інокулянту, температури та рН. Корикування значення рН здійснювали на етапі кислотогенної фази шляхом додавання розчинів: 40% NaOH та 20% H_2SO_4 . Показано, що найкращими умовами для біодеградації барди були: $t^\circ = 30\text{-}35^\circ\text{C}$, концентрація інокулянту – 0,5%, рН = 6-7. За таких умов вихід біогазу складав 345 см³/г СОР із вмістом метану 70%. Відхилення від визначених значень призводить до зниження виходу біогазу та вмісту метану в ньому.

В роботі [9] визначали вплив косубстрату на стабільність анаеробного процесу розкладу барди з цукрової тростини. В якості косубстрату використовували коров'ячий гній (3%). За відсутності косубстрату до реактора вносили джерела живлення: $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, нікель та цинк, потім хімічне живлення було замінено на вапняне добриво. В обидва реактори в якості регулятора співвідношення С:N додавали мікрокристалічну целюлозу (Avice1 РН 101), яку поступово замінювали на соломку. Додавання коров'ячого гною чи вапняного добрива покращує процес анаеробного зброджування, вміст метану в отриманому біогазі складає 68%, що наближається до теоретичного виходу 267 см³ CH_4 /г СОР. Автори роботи констатують, що зброджування сирової барди без додавання додаткових джерел живлення неможливе.

Підтвердженням таких результатів є робота [10], де зброджування зернової барди проводили з коров'ячим гноем як косубстратом. Процес коферментації характеризується набагато кращими показниками виходу біогазу та вмісту метану в ньому, ніж зброджування сирової цільної барди.

Одним із методів анаеробної переробки барди є двоступеневий процес. Показано, що на етапах як кислотогенезу, так і метаногенезу необхідно додавати NaHCO_3 для підтримання значення рН не нижче 5,5 та 7, відповідно [8]. Процес ферментації в метаногенному реакторі лише на 64-у добу був достатньо стабільним і не вимагав коригування рН. На 81-у добу перебігу процесу ферментації стало можливим додавання в середовище реактора свіжої барди без проходження попередньої кислотогенної стадії [8].

Таким чином, для створення ефективної технології переробки післяспиртової барди у біогаз необхідно вирішити дві основні проблеми: підвищити значення рН до оптимального для процесу метаногенезу та визначити джерело додаткових живильних елементів для розвитку мікроорганізмів. Додавання неорганічних солей, що використовуються, призводить до підвищення вартості процесу і є нерентабельним. Тому визначення косубстрату, за використання якого можна здійснювати коригування значення рН, вмісту живильних елементів та його вплив на процес зброджування післяспиртової барди із зернових культур для отримання біогазу, є актуальною проблемою.

Постановка задачі. Метою роботи є дослідження впливу співвідношення компонентів субстрату на вихід біогазу при анаеробній коферментації післяспиртової барди із зернових культур.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні задачі:

- визначити вплив співвідношення посліду та ПСБ за сухою речовиною на перебіг процесу ферментації;

- встановити раціональне співвідношення косубстратів для одержання максимального виходу метану.

Матеріали та методи. Післяспиртова барда має низькі значення рН, внаслідок чого не може бути безпосередньо перетворена у метан. Для

підвищення значення рН використовують додавання лугів, але, враховуючи те, що в процесі виробництва спирту на підприємстві утворюється 370-400 м³ барди за добу, використання хімічних реагентів є нерентабельним. У роботі для зниження значення рН при запуску процесу

одержання біогазу використовували послід птахів, який має лужну реакцію. Також обґрунтування використання посліду як косубстрату ґрунтується на тому, що послід містить усі необхідні для розвитку мікроорганізмів мікроелементи (див. табл. 1).

Таблиця 1. Вміст речовин у компонентах субстрату
[¹власні дослідження, ²[11], ³дані надано спиртзаводом, ⁴[12]]

Показник	ПСБ	СВ	Послід
ХСК, г/дм ³	50,3 ¹	0,9 ¹	–
БСК, г/дм ³	26,1 ¹	0,17 ¹	–
Вміст сухої речовини, %	5,44 ¹	0,47 ¹	41,29 ¹
Суша орг. речовина, % від СР	94,82 ¹	70,7 ¹	34,91 ¹
Зольність, % від СР	5,18 ¹	29,3 ¹	65,09 ¹
рН	3,74 ¹	6,3 ¹	8,4 ⁴
Сирий протеїн, % від СР	21,6 ²	–	26,58 ⁴
Сирий жир, % від СР	10,7 ²	–	4,8 ⁴
Сира клітковина, % від СР	10,4 ²	–	14,89 ⁴
БЕР, % від СР	43,7 ²	–	46-48 ⁴
Азот загальний, % від СР	1,28 ²	0,003 ³	4,36 ⁴
Кальцій (в перерахунку на СаО), % від СР	0,17 ²	1,2 ³	5-7 ⁴
Фосфор загальний (в перерахунку на Р ₂ О ₅), % від СР	0,29 ²	0,02 ³	3,5-4 ⁴
Лізін, % від СР	0,71 ²	–	0,3 ⁴
Цистин, % від СР	0,2 ²	–	0,05 ⁴
Метіонін, % від СР	0,28 ²	–	0,22 ⁴

Індичий послід надано ТОВ "Авангард" Жашківського району Черкаської області. Післяспиртову барду, одержану при бродінні пшениці та кукурудзи, та виробничу стічну воду, що використовували для досліджень, надано Червонослобідським спиртовим заводом Київської області. Характеристику компонентів субстрату наведено в табл. 1. Інокулянт, що використовували, взято з лабораторної установки анаеробного зброджування пташиного посліду з різними видами рослинної сировини на кафедрі екобіотехнології та біоенергетики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. І.Сікорського".

Процес ферментації проводили в анаеробних умовах у мезофільному режимі при $t^{\circ} = 37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ в реакторах об'ємом 1,5 дм³, ступінь заповнення 80%. Перемішування субстрату здійснювали струшуванням реактора 1 раз на добу. Кожний реактор з'єднано з газгольдером

мокрого типу для збору біогазу.

Визначення БСК та ХСК проводили за стандартною методикою [13]. Визначення вологості, сухої речовини, сухої органічної речовини, зольності – за держстандартом [14, 15], рН вимірювали за допомогою іонометра И-160 МИ.

Склад біогазу визначали за стандартною методикою за допомогою газового хроматографа ЛХМ-8-МД [16].

Результати та обговорення. Для з'ясування впливу співвідношення за сухою органічною речовиною післяспиртової барди та посліду на вихід біогазу змінювали співвідношення косубстратів таким чином, щоб значення рН у реакторі знаходилося в межах 7,0-8,0. В табл. 2 та 3 наведено співвідношення косубстратів та значення рН на початку ферментації, відповідно. Значення рН стічної води складає 6,3 і його впливом на концентрацію іонів водню можна знехтувати.

Таблиця 2. Співвідношення косубстратів та інокуляту за сухою речовиною

Показник	ПСБ		Послід		СВ		Інокулят	
	СОР, г	% від заг. СОР	СОР, г	% від заг. СОР	СОР, г	% від заг. СОР	СОР, г	% від заг. СОР
1	9,19	17	30,92	56	1,66	3	13,64	25
2	18,38	29	30,92	48	1,1	2	13,64	21
3	20,61	36	22,49	39	1,12	2	13,64	24
4	22,28	34	37,48	50	0,95	1	13,64	18

Таблиця 3. Значення рН суспензії при ферментації ПСБ та посліду

№ проби	1	2	3	4
рН (початкове)	7,63	7,21	7,28	7,01
рН (кінцеве)	7,78	7,68	5,49	7,19

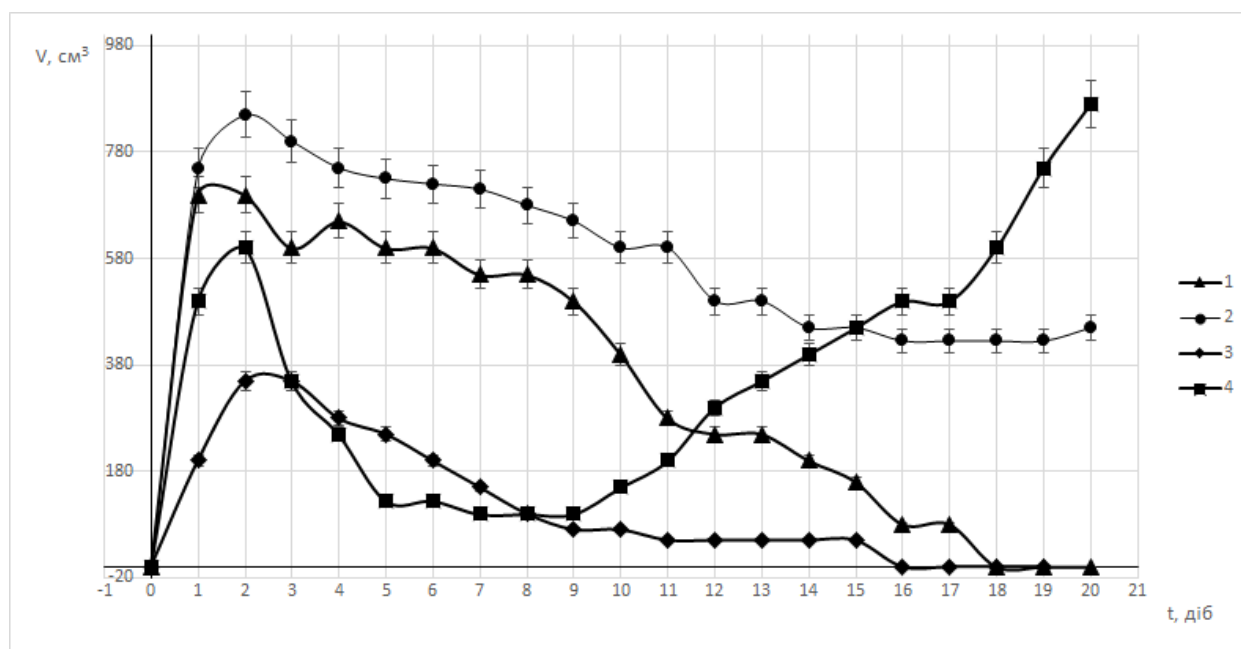


Рис. 1. Вихід біогазу (*V*) в процесі ферментації (*t*) за різного вмісту компонентів субстрату ПСБ/послід: №1 – 1:3,4; №2 – 1:1,7; №3 – 1:1,1; №4 – 1:1,5.

Як видно з табл. 2, для забезпечення значення рН у заданому діапазоні співвідношення ПСБ до посліду коливається в межах від 1:1 до 1:3,3 і складає для зразка №1 – 1:3,36; №2 – 1:1,65; №3 – 1:1,08; №4 – 1:1,47. Таким чином, використання посліду як косубстрату дає змогу довести значення рН до показників, за яких відбувається процес метаногенезу при високій швидкості. Зменшення кількості посліду в субстраті нижче половини призводить до зниження значення рН.

Динаміку виходу біогазу для різного співвідношення компонентів протягом ферментації на-

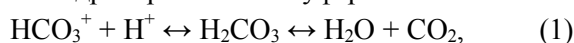
ведено на рис. 1. В перші дві доби відбувається деструкція сировини, біогаз містить в основному CO₂, вміст метану не перевищує 20-30%. Як видно з рис. 1, раціональним для утворення біогазу є співвідношення компонентів субстрату 1:1,7. Зниження виходу біогазу після 9 доби ферментації можна пояснити поступовим зниженням вмісту поживних речовин. Підвищення вмісту посліду по відношенню до післяспиртової барди 1:3 призводить до різкого зниження виходу біогазу після третьої доби ферментації. Така залежність пов'язана з підвищенням вмісту іонів амонію, що

містяться у посліді та утворюються в процесі гідролізу сечовини та розкладу білків. Висока концентрація NH_4^+ призводить до інгібування метаногенезу та призупинення діяльності мікроорганізмів як деструкторів, так і метаногенів.

Зниження виходу біогазу при співвідношенні ПСБ/послід (1:1, 1:1,5) та нижче призводить до закисання середовища за рахунок накопичення органічних кислот при деструкції жиру, вміст якого вищий у барді, і, відповідно, підвищується при збільшенні концентрації. Це підтверджується значенням рН після ферментації (див. табл. 3) та повним призупиненням процесу метаногенезу після 16 доби для зразка №3. Також барда у сухій речовині містить в основному клітковину та білки, які потребують більш тривалого часу деструкції, що також впливає на процес утворення біогазу і призводить до зниження його виходу на третю добу. За умов зразка №3 система не виходить на рівень саморегуляції.

Зниження виходу біогазу після другої доби при співвідношенні компонентів 1:1,5 (зразок №4) протягом 7 діб також можна пояснити підвищеним вмістом СОР у реакторі, що призводить до збільшення кількості органічних кислот у процесі деструкції та ацидогенезу. В кислому

середовищі підвищується швидкість гідролітичних процесів, що призводить до вивільнення CO_2 . В системі за рахунок CO_2 , що виділяється, утворюється гідрокарбонатний буфер:



що призводить до підвищення значення рН, яке необхідне для процесу утворення метану. Також у випадку зразка №4 за рахунок більшої кількості посліду в процесі гідролізу утворюється аміак, який при взаємодії з водою підвищує значення рН, що призводить до початку продукування біогазу з високою швидкістю.



Загальний вихід біогазу та вміст метану в ньому за період ферментації наведено на рис. 2. Вміст метану у біогазі вищий при більшому вмісті у субстраті посліду при співвідношенні ПСБ/послід 1:3,3 і досягає $71 \pm 2\%$. За співвідношення 1:1,7 та 1:1,5 вміст метану коливається в межах 66-70%. При підвищенні концентрації ПСБ вміст метану знижується і досягає $55 \pm 2\%$ у випадку співвідношення компонентів 1:1,1. За таких умов відбувається закисання середовища і припинення продукування метану, оскільки відбувається гідроліз і в основному утворюється CO_2 .

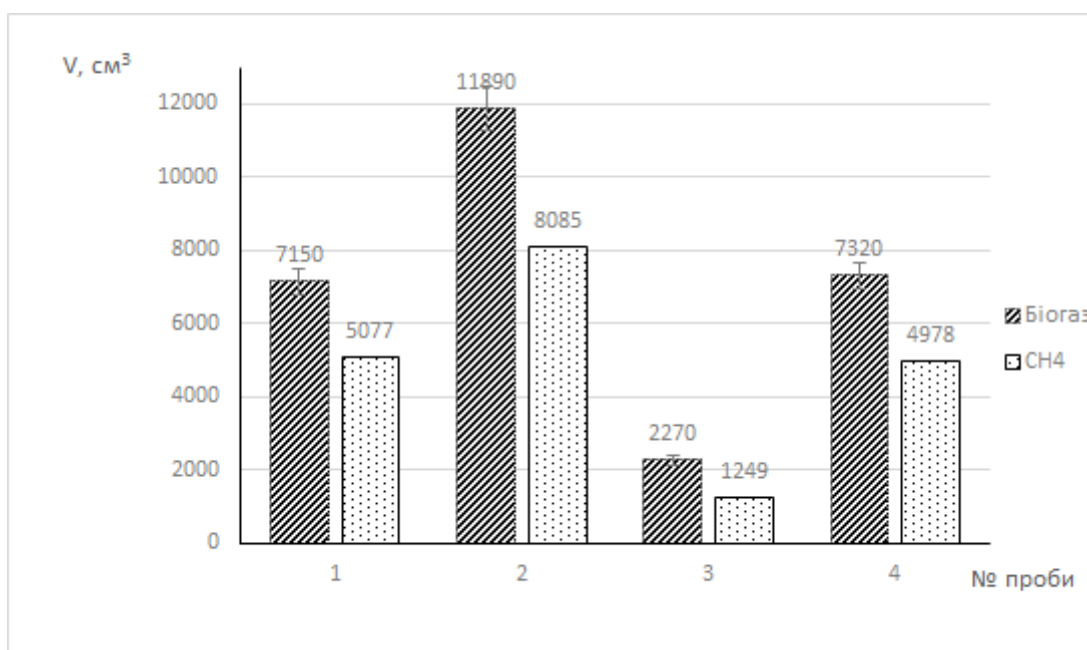


Рис. 2. Загальний вихід біогазу та метану (V) за 20 діб ферментації за різного вмісту компонентів субстрату ПСБ/послід: №1 – 1:3,4; №2 – 1:1,7; №3 – 1:1,1; №4 – 1:1,5.

Таблиця 4. Вихід біогазу на г СОР

№ проби	1	2	3	4
Показник				
Вихід біогазу, см ³ /г СОР	184	265	56	165

В табл. 4 наведено вихід біогазу, що одержано з одиниці сухої органічної речовини. Як загальний вихід біогазу, так і його питомий вихід з 1 г СОР має максимальне значення при співвідношенні ПСБ/послід 1:1,7. При цьому вихід на 40% більший по відношенню до співвідношення 1:3,3 і на 60% більше, ніж при співвідношенні 1:1,5. Вихід біогазу корелює з даними існуючих промислових технологій метанового зброджування.

Таким чином, заміну хімічних речовин, що застосовуються для підвищення значення рН для ферментації післяспиртової барди з одержанням біогазу, можна здійснити шляхом використання посліду птахів. Послід, на відміну від хімічних реагентів, сам виступає субстратом для мікроорганізмів, що призводить до збільшення виходу біогазу та вмісту метану в ньому.

Висновки. 1. Для запуску процесу метаногенезу з післяспиртової барди, одержаної при виробництві спирту з кукурудзи та пшениці, можливо використовувати послід птахів, який сам є косубстратом у процесі ферментації. Використання посліду дає змогу забезпечити необхідне для процесу метаногенезу значення рН та додати мікроелементи для розвитку бактерій.

2. Встановлено, що для продукування біогазу раціональним співвідношенням за сухою речовиною ПСБ/послід є 1:1,7. За таких умов вихід біогазу складає 265 см³/г СОР із вмістом метану 70±2%.

1. Mohana S., Acharya Bh. K., Madamwar D. Distillery spent wash: Treatment technologies and potential applications. *Journal of Hazardous Materials*. – 2009. – Vol. 163, № 1. – P. 2–25.

2. Hutnan M., Hornak M., Bodik I., Hlavacka V. Anaerobic Treatment of Wheat Stillage. *Chem. Biochem. Eng. Q.* – 2003. – № 17(3). – P. 233–241.

3. Rani K., Sridevi V., Srinu Venkat Rao R., Vijay Kumar K. Harsha N. Biological treatment of distillery waste water – an overview. *Harsha international journal of general engineering and technology*. 2013. – Vol. 2– № 4. – P.15–24.

4. Wilkie A. C., Riedesel K. J., Owens J. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*. – 2000. – № 19. – P. 63–102.

5. Tomczak-Wandzel R., Górniaczyk J., Mędrzycka K. Anaerobic treatment of distillery wastewater [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.wis.pk.edu.pl/media/file/konferencje/Wandzel.pdf> (15.05.2017).

6. Janke L., Leite A. F., Batista K., Silva W., Nikolausz M., Nelles M., Stinnera W. Enhancing biogas production from vinasse in sugarcane biorefineries: Effects of urea and trace elements supplementation on process performance and stability. [Електронний ресурс] *Bioresource Technology*. 2016. Режим доступу до журн.: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.110> (15.05.2017).

7. Syaichurrozi I., Budiyo V., Sumardiono S. Predicting kinetic model of biogas production and biodegradability organic materials: Biogas production from vinasse at variation of COD/N ratio. *Bioresource Technology*. – 2013. – № 149. – P. 390–397.

8. Prakash N. B., Sockan V., Sitarama Raju V. Anaerobic Digestion of Distillery Spent Wash. *Journal of Science and Technology*. – 2014. – Vol. 4. – № 3. – P. 134–140.

9. Silva C. E., Abud A. K. Anaerobic biodigestion of sugarcane vinasse under mesophilic conditions using manure as inoculum [Електронний ресурс]. *SciELO*. 2016. Режим доступу: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2016000400763&script=sci_arttext (15.05.2017).

10. Moraes B.S., Triolo J.M., Lecona V.P., Zaiat M., Sommer S.G. Biogas production within the bioethanol production chain: use of co-substrates for anaerobic digestion of sugar beet vinasse. *Bioresource Technology*. – 2015. – Vol. 190. – P. 227–234.

11. Westerholma M., Hansson M., Schnürer A. Improved biogas production from whole stillage by co-digestion with cattle manure. *Bioresource Technology*. – 2012. – № 114. – P. 314–319.

12. Хижняк М.І., Цьонь Н.І. Спиртова барда як цінна кормова добавка й органічне добриво у сільському господарстві. *Рибогосподарська наука України*. – 2010. – № 2. – С. 122–130.

13. Ghaly A.E., MacDonald K.N. Drying of poultry manure for use as animal feed. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. – 2012. – № 7 (3). – P. 239–254.

14. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия производственных сточных вод. М.:Химия. 1984. – 448 с.

15. ГОСТ 26713-85. Органические удобрения. Методика определения влаги и сухого остатка. Государственные стандарты Союза ССР. Москва. 1986. – 3 с.

16. ГОСТ 26714-85. Органические удобрения. Методика определения золы. Государственные стандарты Союза ССР. Москва. 1986. – 2 с.

17. Хроматограф лабораторный ЛХМ-8МД: техническое описание, инструкция по эксплуатации. Опытный завод "Хроматограф". Москва. 1992. – 50 с.

REFERENCES

1. Mohana S., Acharya Bh. K., Madamwar D. Distillery spent wash: Treatment technologies and potential applications. Journal of Hazardous Materials. – 2009. – Vol. 163, № 1. – P. 2–25.

2. Hutnan M., Hornak M., Bodik I., Hlavacka V. Anaerobic Treatment of Wheat Stillage. Chem. Biochem. Eng. Q. – 2003. – № 17(3). – P. 233–241.

3. Rani K., Sridevi V., Srinu Venkat Rao R., Vijay Kumar K., Harsha N. Biological treatment of distillery waste water – an overview. Harsha international journal of general engineering and technology. 2013. – Vol. 2– № 4. – P.15–24.

4. Wilkie A. C., Riedesel K. J., Owens J. M. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. Biomass and Bioenergy. – 2000. – № 19. – P. 63–102.

5. Tomczak-Wandzel R., Górniaszyk J., Mędrzycka K. Anaerobic treatment of distillery wastewater [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.wis.pk.edu.pl/media/file/konferencje/Wandzel.pdf> (15.05.2017).

6. Janke L., Leite A. F., Batista K., Silva W., Nikolausz M., Nelles M., Stinnera W. Enhancing biogas production from vinasse in sugarcane biorefineries: Effects of urea and trace elements supplementation on process performance and stability. [Электронный ресурс] Bioresource Technology. 2016. Режим доступа до журн.: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.110> (15.05.2017).

7. Syaichurrozi I., Budiyo V., Sumardiono S. Predicting kinetic model of biogas production and biodegradability organic materials: Biogas production from vinasse at variation of COD/N ratio. Bioresource Technology. – 2013. – № 149. – P. 390–397.

8. Prakash N. B., Sockan V., Sitarama Raju V. Anaerobic Digestion of Distillery Spent Wash. Journal of Science and Technology. – 2014. – Vol. 4. – № 3. – P. 134–140.

9. Silva C. E., Abud A. K. Anaerobic biodigestion of sugarcane vinasse under mesophilic conditions using manure as inoculum [Электронный ресурс]. SciELO. 2016. Режим доступа: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2016000400763&script=sci_arttext (15.05.2017).

10. Moraes B.S., Triolo J.M., Lecona V.P., Zaiat M., Sommer S.G. Biogas production within the bioethanol production chain: use of co-substrates for anaerobic digestion of sugar beet vinasse. Bioresource Technology. – 2015. – Vol. 190. – P. 227–234.

11. Westerholma M., Hansson M., Schnürer A. Improved biogas production from whole stillage by co-digestion with cattle manure. Bioresource Technology. – 2012. – № 114. – P. 314–319.

12. Khyzhnyak NI, NI Tson Alcohol bard-like prices for feed additive and organic fertilizer in agriculture. Ukraine fisheries science. - 2010. - № 2. - P. 122-130.

13. Ghaly A.E., MacDonald K.N. Drying of poultry manure for use as animal feed. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. – 2012. – № 7 (3). – P. 239–254.

14. Lurie YY Analytycheskaya Chemistry proizvodst-vennyh stochnyh water. Moscow: Chemistry. 1984. - 448 p.

15. GOST 26713-85. Orhanycheskye udobrenyya. Purpose-wild for determining moisture and dry remnant. Hosudarstvennye standarty Union SSR. Moscow. 1986. - 3 p.

16. GOST 26714-85. Orhanycheskye udobrenyya. The aim of wild-zoly definitions. Hosudarstvennye standarty Union SSR. Moscow. 1986 - 2 seconds.

17. Chromatograph Laboratory LHM-8MD: tehnyches Coe-description, the Instructions for operation. Opytnyi plant "Chromatograph". Moscow. 1992. - 50 p.

Н.Б.Голуб, докт.техн.наук, **М.В.Потапова** (Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт им. И.Сикорского", Киев)

Влияние соотношения ко-субстратов на выход биогаза при утилизации послеспиртовой барды

Рассмотрено влияние концентрации помета на запуск процесса производства биогаза из послеспиртовой барды. Показано, что использование помета позволяет повысить значение pH до значений, при которых происходит процесс метаногенеза. Определено рациональное соотношение компонентов субстрата по сухому органическому остатку – послеспиртовая барда:помет 1:1,7, для максимального выхода биогаза. При таких условиях выход биогаза составляет 265 см³/г СОР с содержанием метана 70±2%. Библ. 17, табл. 4, рис. 2.

Ключевые слова: послеспиртовая барда, помет, биогаз, ко-субстрат, коферментация.

Golub N., Doctor of technical science, Professor, **Potapova M.**, postgraduate (National Technical University of Ukraine " Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv)

Influence of co-substrates ratios on biogas yield during distillery spent wash utilization

The poultry manure content influence on the process initiation of biogas production from distillery spent wash was examined. It is shown that usage of poultry manure allows to increase medium pH to values at which methanogenesis occurs. Rational ratio of substrate components by distillery spent wash:poultry manure was determined and it is 1:1.7 for maximum biogas yield. Under such conditions biogas yield rises up to 265 cm³/g of dry organic weight with methane content of 70 ± 2%. References 17, table 4, figures 2.

Keawords: distillery spent wash, poultry manure, biogas, cosubstrate, cofermentation.

SYNOPSIS

Nowadays distillation industry is facing the problem of its own wastes disposal and recycling that are produced in large

quantities. The main waste of alcohol industry is distillery spent wash. Existing physical methods of distillery spent wash recycling are resource- and energy-consuming. Alternatively, biological methods such as aerobic and anaerobic digestion may be applied. The advantage of anaerobic compared to aerobic method is that besides wastewater it is possible to obtain biofuel (biogas) and high quality fertilizer.

The main problems of anaerobic distillery spent wash recycling is imbalance and deficiency of nutrients, medium acidification due to low pH values of raw material.

pH and C:N ratio correction can be conducted by addition of chemical substances; provide the process with necessary microelements – introduction of additional food source. The alternative method is distillery spent wash co-fermentation. In this paper, the usage of poultry manure as fermentation co-substrate is proposed. Simultaneously with distillery spent wash, production wastewater was also treated.

The purpose of this work is determination of substrate

components ratio influence on biogas yield under anaerobic grain crops distillery spent wash co-fermentation.

Determined, that for optimal methanogenesis pH values the ratio of distillery spent wash to poultry manure must be in range of 1:1 to 1:3,3. Established that under insufficient manure contents in composition (ratios of distillery spent wash/manure 1:1) will take place the medium acidification due to organic acids accumulation from lipid destruction, that are contained in large amounts in distillery spent wash, and as such lipid content rises with distillery spent wash content increase.

Increase of manure content in relation to distillery spent wash (ratio 1:3) results in methanogenesis process inhibition due increase in ammonia ions contents, that are contained in poultry manure and produced during urea hydrolysis and protein decomposition.

Determined, that for maximal biogas production it is rational to use distillery spent wash/poultry manure ratio 1:1,7 by dry weight. Under such conditions biogas yield rises up to 265 cm³/g of dry organic weight with methane content of 70 ± 2%

Стаття надійшла до редакції 30.05.17

Остаточна версія 09.06.17

X МІЖНАРОДНА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВИСТАВКА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА - 2017
 ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ, МАТЕРІАЛИ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

7-9
листопада

IEC

МІЖНАРОДНИЙ ВИСТАВКОВИЙ ЦЕНТР
 Україна, Київ, Броварський пр-т, 15
 М "Лівобережна"
 ☎ +38 044 201-11-66, 206-87-86
 e-mail: energo@iec-expo.com.ua
www.iec-expo.com.ua, www.мвц.укр
www.tech-expo.com.ua

ОРГАНІЗАТОР:
 Міжнародний виставковий центр

ЗА ПІДТРИМКИ:
 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України
 Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України

Технічний партнер: *RentMedia*