

УДК 662.763.3.2

ПОСТУПОВА ПОДАЧА СУБСТРАТУ В БІОГАЗОВИЙ РЕАКТОР

Поліщук В. М., кандидат технічних наук, Дубровін В. О., доктор технічних наук, Лободко М. М., кандидат технічних наук, Ляшко Д. Ю.

Національний університет біоресурсів та природокористування України, Україна, Київ

Оскільки при періодичному завантаженні субстрату в метантенк максимальний вихід біогазу спостерігається протягом короткого проміжку часу, предметом досліджень була можливість збільшення виходу біогазу при поступовій подачі субстрату, метою досліджень – експериментальне встановлення впливу на вихід біогазу добового об'єму завантаження субстрату при його поступовій подачі. Представлена методика експериментального дослідження виходу біогазу при поступовому завантаженні реактора. Наведено результати експериментальних досліджень виробництва біогазу при поступовому завантаженні субстрату. Визначено залежність середнього виходу біогазу від відсотка оновлюваного субстрату. Встановлена перевага поступового завантаження метантенка порівняно з періодичним. Дані дослідження можуть бути використані при переробці відходів

Ключові слова: біогаз, косубстрат, поступове завантаження, сирий гліцерин, гній ВРХ, біогазовий реактор

Полищук В. Н., Дубровин В. А., Лободко Н. Н., Ляшко Д. Ю. Постепенная подача субстрата в биогазовый реактор / Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина, Киев

Поскольку при периодической загрузке субстрата в метантенк максимальный выход биогаза наблюдается в течение короткого промежутка времени, предметом исследований была возможность увеличения выхода биогаза при постепенной подаче субстрата, целью исследований – экспериментальное

установление влияния на выход биогаза суточного объема загрузки субстрата при его постепенной подаче. Представлена методика экспериментального исследования выхода биогаза при постепенной загрузке реактора. Приведены результаты экспериментальных исследований производства биогаза при постепенном загрузке субстрата. Определена зависимость среднего выхода биогаза от процента обновляемого субстрата. Установлено преимущество постепенной загрузки метантенка по сравнению с периодическим. Данные исследования могут быть использованы при переработке отходов

Ключевые слова: биогаз, косубстрат, постепенная загрузка, сырой глицерин, навоз КРС, биогазовый реактор

Polischuk V. N, Dubrovin, V. A., Lobodko N. N., Lyashko D. U. Gradual feeding of the substrate in the biogas reactor / National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Ukraine, Kiev

Because of the periodic loading of the substrate in the digester the maximum biogas yield is observed within a short period of time, the subject of research was the possibility of increasing the biogas yield with a gradual feed of the substrate, the aim of the research is the experimental determination of the influence on the yield of biogas daily workload of the substrate when it is gradual feed. Presents the experimental methods of biogas yield with a gradual loading of the reactor. The results of experimental studies of biogas production with a gradual loading of the substrate. Determined the dependence of the average biogas yield percentage updatable substrate. Installed the advantage of the gradual loading of the digester compared to periodic. These studies can be used in the recycling

Keywords: biogas, cosubstrate, progressive download, crude glycerine, cattle manure, biogas reactor

Вступ. При періодичному завантаженні субстрату в біогазовий реактор максимальний вихід біогазу спостерігається протягом декількох діб, після чого інтенсивність його генерації поступово знижується аж до повного припинення. Водночас, час повного розкладання біомаси при анаеробному зброджуванні може становити 30-45 діб, однак вихід біогазу в цьому випадку низький і не забезпечує прибутковості біогазової установки.

Аналіз останніх досліджень. В роботах [1, 2] проведені дослідження впливу ряду факторів, до яких відносяться температурний режим, вид субстрату та його перемішування, додавання косубстратів, на продуктивність біогазу. Однак дослідження проводились для періодичного завантаження реактора. Разом із тим, як зазначено в [3], для рівномірного розподілу виходу біогазу в часі застосовується поступова подача субстрату в біогазовий реактор, при якій субстрат подається протягом дня великою кількістю незначних порцій, з одночасним видаленням відпрацьованого біошламу. При цьому кожна нова порція субстрату, що завантажується в метантенк, буде формувати свій максимум виходу біогазу. Максимуми від кожної порції завантаженого субстрату формуватимуть загальний вихід біогазу з метантенку.

Тому **метою наших досліджень** є експериментальне встановлення впливу на вихід біогазу добового об'єму завантаження субстрату при його поступовій подачі. *Завданнями дослідження є:* розробити методику експериментального дослідження виходу біогазу при поступовому завантаженні реактора; провести експериментальне дослідження виходу біогазу при поступовому завантаженні реактора; провести обробку результатів дослідження та сформулювати висновки. *Об'єкт дослідження* – поступова подача субстрату в реактор. **Предмет досліджень** – можливість збільшення виходу біогазу при поступовій подачі субстрату.

Результати досліджень. Нами проведено дослідження процесу поступової подачі субстрату в метантенк лабораторної біогазової установки. У метантенк об'ємом 30 м³ завантажувалося 4,2 кг субстрату, що складається з 1,7 кг гною

ВРХ, 2,5 кг води і 0,05 л неочищеного гліцерину (3% від маси субстрату). Коефіцієнт заповнення метантенка склав 0,5, коефіцієнт спорожнення – 0,28. На 2-3 добу бродіння спостерігався максимальний вихід біогазу. У цей час в метантенк щодоби додавалася нова порція субстрату в розмірі 1/30, 1/20, 1/10 і 1/5 частини завантаженої порції субстрату. Вага субстрату і окремих його компонентів при щоденній завантаженні приведені у табл. 1.

Таблиця 1

**Вага субстрату і окремих його компонентів
при щоденному завантаженні метантенка**

Показатель	Процент оновлюваного субстрату			
	1/30 (3,3%)	1/20 (5%)	1/10 (10%)	1/5 (20%)
Початкове завантаження субстрату, кг	4,2	4,2	4,2	4,2
Щоденне завантаження субстрату, кг, в т.ч.:	0,1422	0,2132	0,4264	0,8527
гній ВРХ, кг	0,057	0,085	0,17	0,34
вода, кг	0,083	0,125	0,25	0,5
сирий гліцерин, л	0,0017	0,0025	0,005	0,01
Щоденне вивантаження біошламу, кг	0,1422	0,2132	0,4264	0,8527

Результати дослідження виходу біогазу при поступовому завантаженні субстрату наведені на рис. 1, з якого видно, що бродіння супроводжується двома піками максимального виходу біогазу. Початок відліку співпадає з першим піком, після чого настає згасання генерації біогазу, і на шосту добу бродіння спостерігається другий пік генерації. На 8 добу бродіння вихід біогазу стабілізується і в наступні дні спостерігається відносно рівномірна генерація біогазу з незначним збільшенням його виходу в часі. Середній вихід біогазу при щоденному оновленні 3,3% субстрату від завантаженого на початку бродіння

становить 141 см³/год., при оновленні 5% субстрату – 226 см³/год., 10% – 317 см³/год., 20% – 577 см³/год. Відхилення виходу біогазу від середнього значення, як правило, складають 6-8%. При збільшенні числа завантажень субстрату протягом доби відхилення виходу біогазу від середнього значення будуть зменшуватися.

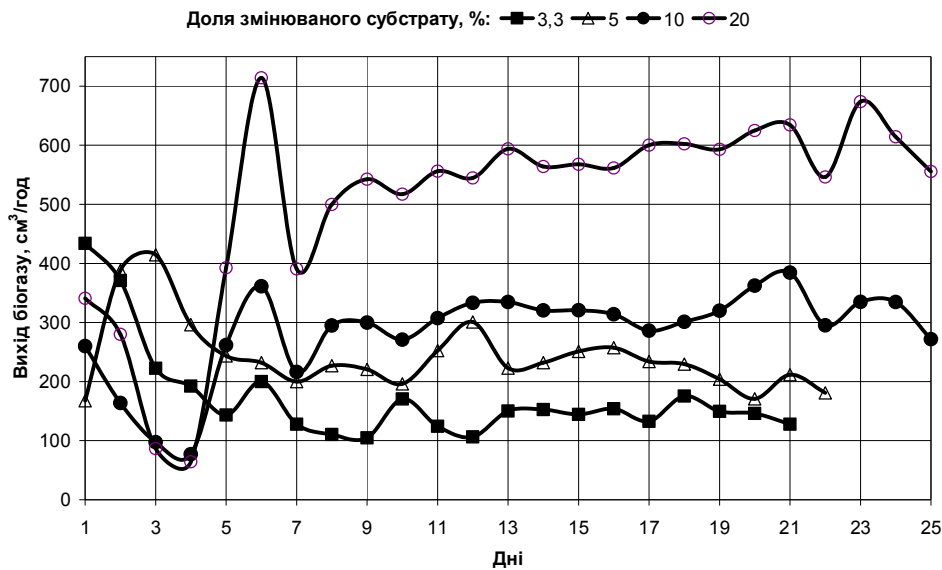


Рис 1. Генерація біогазу при поступовому завантаженні субстрату

На рис. 2 наведена залежність середнього виходу біогазу при поступовій подачі від відсотка оновлюваного субстрату, яка апроксимується лінійною функцією:

$$Q = 2504 \cdot D + 75,29 \text{ при } R^2=0,9902, \quad (1)$$

де Q – вихід біогазу, см³/год.; D – доля зміненого субстрату по відношенню до завантаженого, %.

Слід зазначити, що при 50% одноразової щоденній зміні субстрату бродіння припиняється внаслідок вимивання маточної культури метаноутворюючих бактерій. При 30% зміні субстрату вихід біогазу не зменшується, але при цьому теплота згоряння біогазу, розрахована за методом [4], в результаті збільшення вмісту вуглекислого газу становить 12-13 МДж/м³ (проти 25 МДж/м³ за СОУ

24.14-3 -561:2007 [5]). Тому, формула (1) дійсна при одноразовій щоденній зміні субстрату в метантенку не більше 30%.

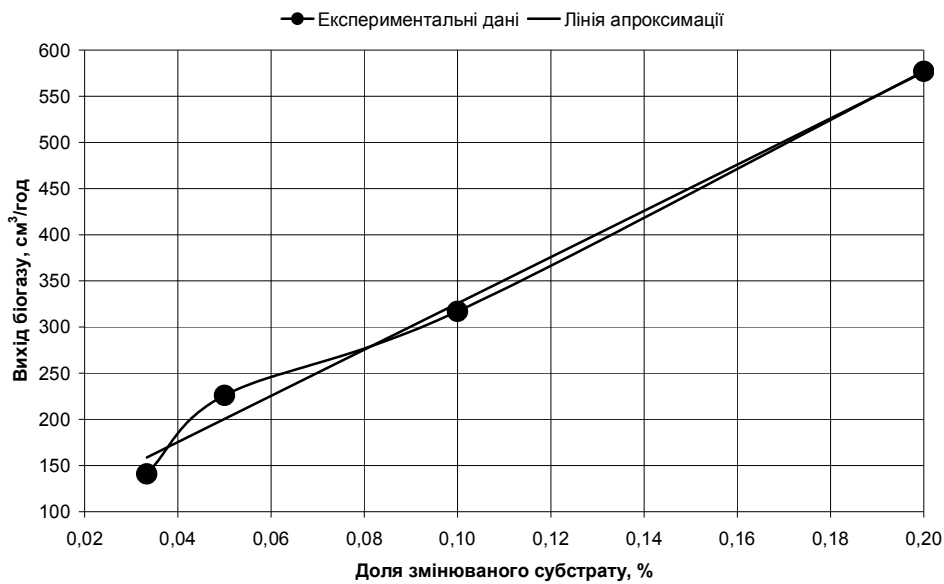


Рис. 2. Залежність середнього виходу біогазу при поступовій подачі субстрату від доли зміненого субстрату

Розрахункові прогнозовані значення середнього виходу біогазу при бродінні гною ВРХ з додаванням 3% гліцерину від маси гною, встановлені за виразом (1), наведено в табл. 2 .

Таблиця 2

Розрахункові прогнозовані значення середнього виходу біогазу при бродінні гною ВРХ з додаванням 3% гліцерину від маси гною

Щоденна зміна субстрату, %	Вихід біогазу, см³/год.	Вихід біогазу, л/(кг·добу)
1	2	3
0	75,29	1,8
2	125,37	3,0
1	2	3
5	200,49	4,8

10	325,69	7,8
20	576,09	13,8
30	826,49	19,8

Висновки

Поступова подача субстрату в метантенк забезпечує більший за обсягом і рівномірніший вихід біогазу в часі в порівнянні з періодичною подачею. При одноразовій щоденній зміні субстрату до 20% вихід біогазу зростає до 13,8 л/(кг·добу), при цьому теплота згорання біогазу становить 25 МДж/м³. Зростання одноразової щоденної зміни субстрату до 30% збільшує вихід біогазу до 19,8 МДж/м³, однак при цьому внаслідок підвищення вмісту в ньому вуглекислого газу теплота згорання знижується до 12-13 МДж/м³. У разі 50% зміни субстрату метанове бродіння припиняється внаслідок вимивання маточної культури метаноутворюючих бактерій.

В подальшому планується розширити дослідження впливу поступового завантаження метантенка в вихід біогазу із врахуванням температурного режиму метанового бродіння.

Література:

- 1. Полищук В. Влияние режимов метанового сбраживания на эффективность производства биогаза / Виктор Полищук, Николай Лободко, Ольга Дубровина // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin - Rzeszow, 2013. – Vol. 15, № 3. – С. 207-220.*
- 2. Полищук В. М. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу / В. М. Полищук, М. М. Лободко, О. В. Сидорчук, О. В.*

Поліщук// Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування: Зб. наук. праць. – Київ, 2013. – № 185. Ч. 3 – С. 180-191.

3. Эдер Б. Биогазовые установки. Практическое пособие/ Барбара Эдер, Хайнц Шульц. – М.: Колос, 2006. – 240 с.

4. Поліщук В. М. Експрес-метод визначення теплотворної здатності біогазу / В. М. Поліщук, В. Є. Василенков, М. М. Лободко, В. С. Волошин // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування: Зб. наук. праць. – Київ, 2012. – № 174. Ч. 2 – С. 258-263.

5. СОУ 24.14-37-561:2007. Ефіри метилові жирних кислот для дизельних двигунів: – [Чинний від 2007-03-21] – Офіц. вид. – К.: Мінагрополітики України, 2007. – 14 с. – (Стандарт організації України).

References:

1. Polyshhuk V. Vlyyanye rezhymov metanovogo sbrazhyvaniya na efektyvnost proyzvodstva byogaza / Vyktor Polyshhuk, Nykolaj Lobodko, Olga Dubrovyna // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszow, 2013. – Vol. 15, № 3. – S. 207-220.

2. Polishhuk V. M. Vplyv rezhymiv metanovogo brodinnya na efektyvnist vyrobnyctva biogazu / V. M. Polishhuk, M. M. Lobodko, O. V. Sydorchuk, O. V. Polishhuk // Naukovyj visnyk Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya: Zb. nauk. pracz. – Kyyyiv, 2013. – № 185. Ch. 3 – S. 180-191.

3. Eder B. Byogazovie ustanovky. Praktycheskoe posobyе / Barbara Eder, Heinz Shulcz. – М.: Kolos, 2006. – 240 s.

4. Polishhuk V. M. Ekspres-metod vyznachennya teplotvornoyi zdatnosti biogazu / V. M. Polishhuk, V. Ye. Vasylenkov, M. M. Lobodko, V. S. Voloshyn // Naukovyj visnyk

Nacionalnogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya: Zb. nauk. pracz. – Kyiv, 2012. – № 174. Ch. 2 – S. 258-263.

5. *SOU 24.14-37-561:2007. Efiry metylovi zhyrnyx kyslot dlya dyzelnyx dvyguniv: – [Chynnyj vid 2007-03-21] – Ofic. vyd. – K.: Minagropolityky Ukrayiny, 2007. – 14 s. – (Standart organizaciyi Ukrayiny).*