

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ В КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ

С.М. Кухарець,
доктор технічних наук, доцент,
saveliy_76@ukr.net,

В. В. Кухарець,
кандидат економічних наук,

Я. Д. Ярош,
кандидат технічних наук, доцент,
Житомирський національний агроекологічний університет

Встановлено економічну ефективність процесу виробництва біогазу. Запропоновано технологічні етапи отримання біогазу із застосуванням модульних

метантенків. Визначено економічну ефективність виробництва електроенергії на основі біогазу.

Ключові слова: біомаса, метантенк, біогаз, процес, ефективність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. У сільськогосподарському виробництві існує ряд факторів, які забезпечують доречність використання біогазових установок: перший – виробництво поновлюваної енергії, другий – виробництво екологічно чистих органічних добрив, третій – покращення санітарно-епідеміологічного стану довкілля, четвертий – широка різновидність сировини, яка може застосовуватися для роботи біогазових установок. У виробничій сільськогосподарській практиці сформовано два основних напрямки розвитку технологій отримання біогазу та відповідного обладнання [1, 2]. Тому, необхідна чітка формалізація розрахунку економічного ефекту виробництва біогазу, що дозволить оцінити виробництво біогазу із врахуванням властивостей сировини субстрату та конструкційних особливостей технічних засобів для отримання біогазу.

Залежності, які дозволяють оцінити потенціал отримання енергії при прямому спалюванні біомаси рослинного походження, за умови використання всієї доступної рослинної біомаси в якості енергоресурсу (крім біомаси використаної на добриво), та за умови використання рослинної біомаси в якості субстратів для виробництва біогазу знайдено в дослідженнях [3, 4, 5, 6].

Отже, з огляду на ефективність отримання енергії, рослинну біомасу доречно використовувати як сировину для прямого спалювання. Таким чином, для виробництва біогазу, в умовах сільськогосподарських підприємств, необхідно використовувати біомасу галузі тваринництва та

птахівництва, а саме гній та послід. Кількість енергії, що можна отримати із біогазу на основі біомаси галузі тваринництва можна визначити на основі досліджень [4, 6, 7, 8, 9, 10]. Питомий вихід біогазу в розрахунку на один кілограм біомаси при анаеробному зброджуванні можна встановити на основі досліджень [2, 7, 8, 9, 10] та знаючи основні параметри субстратів. Знаючи коефіцієнти питомого виходу біогазу та метану можна встановити склад та визначити щільність отриманого біогазу [11, 12].

Для чіткої формалізації ефективності виробництва біогазу необхідно встановити потенціал виробництва біогазу, виробничу собівартість біогазу та собівартість отриманої електроенергії.

Мета та методика дослідження. Метою дослідження є встановлення залежностей для визначення потенціалу виробництва біогазу, виробничої собівартості біогазу та собівартості отриманої електроенергії.

Результати досліджень. Потенціал виробництва біогазу при використанні рослинної біомаси та використанні гною та посліду можна визначати за наступною залежністю:

$$B = B_p + B_T = k_{БГР} k_{ВР} \sum_{i=1}^n S_i 100 Y_i (k_{Ві} - k_{Зі}) + k_{БГТ} k_{ВТ} \sum_{j=1}^m N_j T_j (m_{Еj} + m_{Вj}) k_{Гj}, \quad (1)$$

де B – потенціал виробництва біогазу при зброджуванні рослинної біомаси та гноївки, m^3 ; B_p – вихід біогазу при зброджуванні рослинної біомаси, m^3 ; B_T – вихід біогазу при зброджуванні гноївки, m^3 ; $k_{БГР}$, $k_{БГТ}$ – питомий вихід біогазу при анаеробному зброджуванні відповідно рослинної біомаси та гноївки, m^3/kg ; $k_{ВР}$, $k_{ВТ}$ – коефіцієнт використання відповідно рослинної біомаси та гноївки в біогазових установках, відн. од.; n – кількість культур в сівозміні, які використовуються для виробництва

рослинної біомаси; S_i – площа вирощування i -ї культури, га; Y_i – урожайність i -ї культури, ц/га; k_{Bi} – коефіцієнт виходу біомаси i -ї культури, відн. од.; k_{zi} – коефіцієнт втрат біомаси i -ї культури під час збирання, відн. од.; m – кількість груп тварин та птиці; N_j – поголів'я тварин та птиці j -го виду, гол.; T_j – стійловий період поголів'я тварин та птиці j -го виду, діб; m_{Ej} – маса екскрементів j -го виду тварин та птиці, кг/гол. за добу; m_{Bj} – маса води, що надходить в екскременти j -го виду тварин та птиці, кг/гол. за добу; $k_{Гj}$ – коефіцієнт виходу гноївки придатної для рідкофазного зброджування, відн. од.

Коефіцієнти використання рослинної біомаси та гноївки в біогазових установках, виходу біомаси i -ї культури та її втрат під час збирання, виходу гноївки придатної для рідкофазного зброджування, а також кількість культур в сівозміні, які використовуються для виробництва рослинної біомаси, площа вирощування та урожайність i -ї культури, кількість груп тварин та птиці, поголів'я та стійловий період тварин та птиці j -го виду, маса екскрементів та маса води, що надходить в екскременти j -го виду тварин та птиці встановлюється для кожного сільськогосподарського підприємства на основі конкретних моделей функціонування агроєкосистем [13, 14, 15].

Враховуючи, що на підігрівання субстрату можна отримати енергію прямого спалювання біомаси рослинництва, а для перемішування та перекачування субстрату використати частку електроенергії виробленої в результаті використання біогазу, виробнича собівартість біометану становитиме:

$$C_{BM} = \frac{\rho_{ПБ}}{k_{BM} \tau_{ЗБ}} C_{BM} (1 - k_D) + (1 + k_{ЗВ} + k_{ЗГ}) (TOP_{BM} + EL_{BM} + ЗП_{BM}), \quad (2)$$

де $C_{БМ}$ – виробнича собівартість біометану, грн/м³; $\rho_{ПБ}$ – густина переробленої у біогазовому реакторі біомаси, т/м³; $k_{БМ}$ – вихід біометану за добу із розрахунку на одиницю об'єму біогазового реактора, м³/м³ добу; $\tau_{ЗБ}$ – час утримання біомаси в реакторі під час зброджування, діб; $C_{БМ}$ – вартість біомаси, яка надходить на переробку в біогазову установку, грн/т; $k_{Д}$ – коефіцієнт збільшення вартості органічних добрив після анаеробного зброджування біомаси, відн. од.; $k_{ЗВ}$ – коефіцієнт, що враховує загальновиробничі витрати, відн. од.; $k_{ЗГ}$ – коефіцієнт, що враховує загальногосподарські витрати, відн. од.; $ТОР_{БМ}$ – відрахування на технічне обслуговування і ремонт біогазової установки з виробництвом біометану, грн/м³; $ЕЛ_{БМ}$ – вартість витраченої електричної енергії при виробництві біометану, грн/м³; $ЗП_{БМ}$ – фонд заробітної плати з нарахуваннями при виробництві біометану, грн/м³.

Собівартість виробництва електроенергії на основі біометану можна визначити на основі виразу:

$$C_{ЕЛ} = \frac{3,6\rho_{ПБ}}{k_{БМ}q_{БМ}\eta_{Г}\tau_{ЗБ}} C_{БМ} (1 - k_{Д}) + (1 + k_{ЗВ} + k_{ЗГ})(ТОР_{ЕЛ} + ЕЛ_{ЕЛ} + ЗП_{ЕЛ}), \quad (3)$$

де $C_{ЕЛ}$ – виробнича собівартість електроенергії, грн/кВт год.; $q_{БМ}$ – теплотворна здатність біометану, МДж/м³; $\eta_{Г}$ – коефіцієнт корисної дії дизель-генератора при отриманні електроенергії, відн. од.; 3,6 – коефіцієнт перерахунку, МДж/кВт год.; $ТОР_{ЕЛ}$ – відрахування на технічне обслуговування і ремонт біогазової установки з виробництвом електроенергії, грн/кВт год.; $ЕЛ_{ЕЛ}$ – вартість витраченої електричної енергії при виробництві електроенергії на основі біометану, грн/кВт год.; $ЗП_{ЕЛ}$ – фонд заробітної плати з нарахуваннями при виробництві електроенергії на основі біометану, грн/кВт год.

Як видно із приведених виразів вихід біометану за добу із розрахунку на одиницю об'єму біогазового реактора (рис. 1) є величиною, яка визначає техніко-економічні показники біогазових установок.

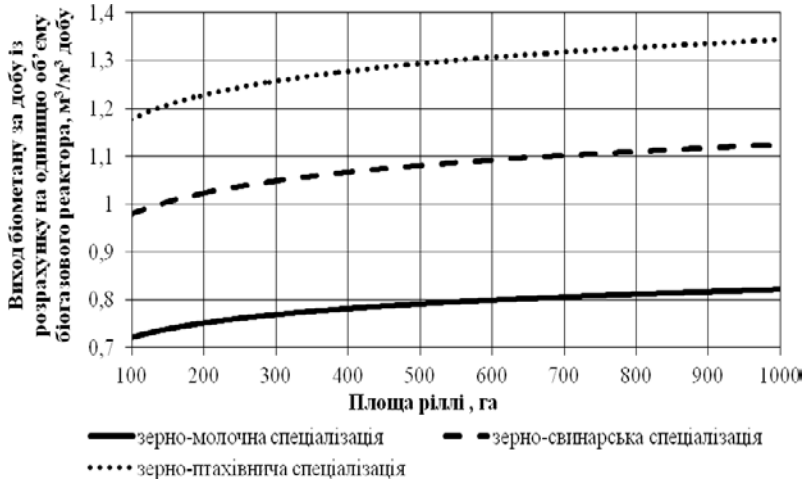


Рис. 1. Вихід біометану за добу із розрахунку на одиницю об'єму біогазового реактора в залежності від площі ріллі модельних господарств

Розрахунки показали, що із збільшенням площі ріллі питомий вихід біогазу дещо зростає, що пояснюється збільшенням ефективності використання біогазових установок із збільшенням об'єму метантенків. Таким чином, із збільшення площі ріллі понад 1000 га собівартість виробництва електроенергії на основі біогазу стабілізується на рівні від 0,34 до 0,44 грн/кВт год.

Висновки та пропозиції. Вихід біометану за добу із розрахунку на одиницю об'єму біогазового реактора для підприємств із зерно-молочною спеціалізацією становить від $0,72 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу до $0,81 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу, а собівартість виробленої на його основі електроенергії із використанням біогазових реакторів обертового типу становить від 0,44 грн/кВт год. до 0,85 грн/кВт год.

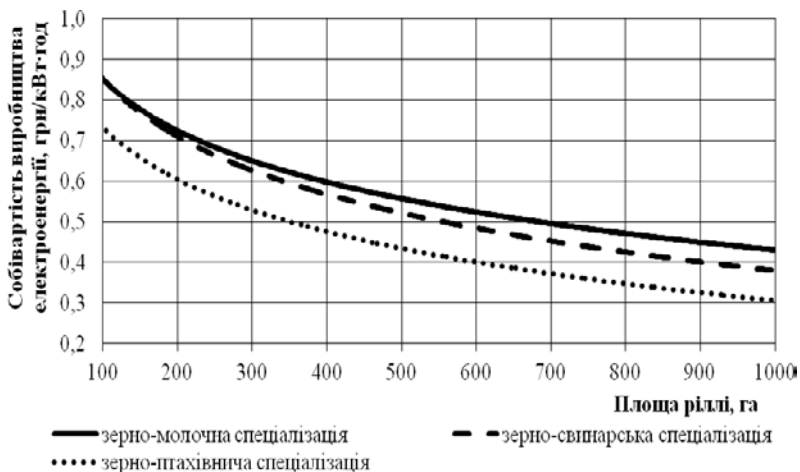


Рис. 2. Зміна собівартості електроенергії виробленої із біометану в залежності від площі ріллі модельних господарств (в цінах 2014 року)

Для підприємств із зерно-свинарською спеціалізацією відповідно від $0,98 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу до $1,12 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу та від $0,38 \text{ грн/кВт год.}$ до $0,85 \text{ грн/кВт год.}$ та для підприємств із зерно-птахівничою спеціалізацією – від $1,18 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу до $1,34 \text{ м}^3/\text{м}^3$ добу та від $0,30 \text{ грн/кВт год.}$ до $0,72 \text{ грн/кВт год.}$ Причому менші значення виходу біометану та вищі значення собівартості електроенергії будуть мати місце при площі ріллі 100 га, а менші – при площі ріллі 1000 га.

Список використаних джерел

1. Кухарец С. Н. Обеспечение рационального использования сырья для получения биотоплив в агропромышленном комплексе / С. Н. Кухарец, Г. А. Голуб, С. В. Драгнев // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2013. – Vol. 15, № 4. – P. 69–75.

2. Технологія переробки біологічних відходів у біогазових установках з обертовими реакторами /

[Г. А. Голуб, О. В. Сидорчук, С. М. Кухарець та ін.; за ред. Г.А. Голуба] – К.:НУБіП України, 2014. – 106 с.

3. Кухарець С. М. Обґрунтування механіко-технологічних основ до конструювання агроєкосистем / С. М. Кухарець, Б. А. Шелудченко // Зб. наук. пр. Подільського держ. аграр.-техн. ун-ту. – 2013. – Спец. вип. : Сучасні проблеми збалансованого природокористування : матеріали наук.-практ. конф. – С. 164–171.

4. Голуб Г. А. Ефективність функціонування багатопрофільного сільськогосподарського підприємства / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець // Наук. вісн. НУБіП України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212, ч. 2. – С. 35–44.

5. Кухарець В. В. Формування стратегії управління конверсії біосировини у сільськогосподарських підприємствах / В. В. Кухарець, С. М. Кухарець // Збірник наук. пр. Вінницького нац. аграр. ун-ту. Сер. Екон. науки. – 2012. – Вип. 1, т. 1. – С. 87–90.

6. Кухарець С. М. Забезпечення енергетичної автономності агроєкосистем на основі виробництва біопалива / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб // Вісник ЖНАЕУ. – 2012. – № 1, т. 1. – С. 345–352.

7. Мовсесов Г.Є. Основні положення технології біогазового (анаеробного метанового) зброджування органічних відходів / Мовсесов Г.Є., Ляшенко О.О. // Рекомендації Інститут механізації тваринництва НААН України. – Запоріжжя: ІМТ НААН України, 2010. – 29 с.

8. Биогаз на основе возобновляемого сырья. Сравнительный анализ шестидесяти одной установки по производству биогаза в Германии / [Геммеке Бурга, Крисста Ригер, Войланд Петер и др.]. – Гюльцов: FNR, 2010. – 118 с.

9. Handreichung. Biogasgewinnung und – nutzung. / [Amon Tomas, fon Bredov Hartvig, Doeler Helmut ets.]. –

Gulzow: FNR, 2010. – 234 p.

10. Tasneem Abbasi. Biogas Energy. / T Abbasi, S. Tauseet, S. Abbasi // - New York: Springer, 2012. – 169 p.

11. Кухарець С. М. Сировинна база та ефективність виробництва біогазу / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212, ч. 1. – С. 11–20.

12. Особливості виробництва біопалива та отримання енергії в умовах агропромислового виробництва / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, В. О. Шубенко, Н. М. Бовсунівська // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 2 (65). – С. 31–34.

13. Технічні та технологічні пропозиції отримання енергії із сировини сільськогосподарського походження / С. М. Кухарець, Г. А. Голуб, О. В. Скидан, О. Ю. Осипчук // Вісник ЖНАЕУ. – 2015. – Вип. №2 (50), Т. 1. – С. 369–384.

14. Кухарець С. М. Ефективність виробництва біогазу / С. М. Кухарець, В. В. Кухарець // Аграрна наука, освіта, виробництво: європейський досвід для України: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 17–18 листоп. 2015 р. – Житомир: ЖНАЕУ, 2015. – С. 452–456.

15. Механіка руху частинок по обертових лопатках реакторів зброджування / Г. А. Голуб, С. М. Кухарець, О. А. Марус, Я. Д. Ярош / Техніка і технології АПК (Науково-виробничий журнал). – 2016. – № 3 (78). – С. 10–13.