

УДК 661.152.4

**Іванченко А.В.**

Дніпровський державний технічний університет

**Судакова Д.О.**

Дніпровський державний технічний університет

**Гром А.О.**

Дніпровський державний технічний університет

**Крюковська О.А.**

Дніпровський державний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

Стаття присвячена дослідженню технології одержання біогазу з рослинної сировини та його впливу на організм людини. Зазначено актуальність проблеми переробки рослинної сировини та впливу під час виробництва біогазу на організм людини. Розроблено новий спосіб інтенсифікації процесу анаеробного зброджування. На підставі експериментальних досліджень доведено, що найбільший об'єм біогазу виділяється під час використання як сировини рослинних відходів і молочної сироватки. Отриманий біогаз можна повторно використовувати у виробництві.

**Ключові слова:** біогаз, метан, охорона праці, біогазова установка, анаеробне зброджування.

**Постановка проблеми.** В Україні гостро стоїть основна проблема у сфері екології – це забруднення навколишнього середовища відходами [1, с. 314].

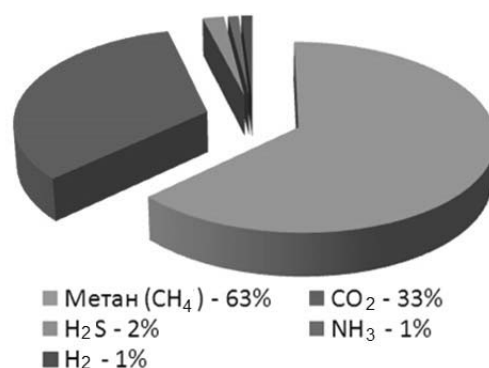
Перспективною вважається необхідність одержання нового джерела енергії в умовах енергетичної кризи. Упровадження технологій одержання біогазу в Україні тільки набуває поширення.

Забезпечення здорових і безпечних умов праці стає одним із пріоритетів політики Європейського Союзу. Україна як член європейської спільноти дотримується принципів охорони праці, які відображені в законодавстві Євросоюзу, про охорону праці, зокрема Рамкової директиви (Ради щодо запровадження заходів заохочення поліпшення безпеки та охорони здоров'я працівників на роботі № 89/391/ЄЕС) [2, с. 40].

Будь-яке середовище, в якому перебуває людина, особливе виробниче, є джерелом потенційних небезпек. Очевидно, що кожна потенційна небезпека має свою матеріальну основу. Зберігаючи традиційні назви для виробничих чинників, можемо вважати, що матеріальна основа потенційної небезпеки є небезпечним чи шкідливим чинником для здоров'я людини. Небезпечний чинник за певних умов може призвести до травм на виробництві [3, с. 1].

Вільне розповсюдження біогазу в атмосферному повітрі викликає низку негативних ефектів, зумовлених токсикологічними властивостями компонентів біогазу.

Хімічний склад біогазу на біогазових установках представлений на рисунку 1.



**Рис. 1.** Хімічний склад біогазу установок анаеробної переробки відходів

Потрапляючи в організм людини через дихальні шляхи, отруйні речовини проникають у систему кровообігу, вражаючи життєво важливі органи, впливають на метаболізм майбутніх матерів, можуть викликати дефекти розвитку плода і знизити здатність до відтворення потомства.

Підвищений уміст вуглекислого газу є причиною виникнення ацидозу, що викликає зміну кислотно-лужної рівноваги організму. Утворення й виділення біогазу на полігонах відбувається безперервно протягом кількох десятків років до повного закінчення процесів метанового бродіння, тому люди, які проживають поблизу полігонів, перебувають у зоні постійного впливу біогазу [4, с. 60].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Анаеробне зброджування – процес мінералізації органічної речовини осадів в анаеробних умовах, що супроводжується посиленням газовиділенням, також застосовують для стабілізації осадів. Анаеробне зброджування – складний мікробіологічний процес мінералізації, в ході якого органічна речовина без доступу повітря трансформується в газоподібний метан ( $\text{CH}_4$ ) та діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ) [5, с. 4].

Фактори, що впливають на процес анаеробної переробки промислових відходів: температура, вміст кислот, рН, буферні властивості, інгібітори, живильне середовище, склад газу, концентрація твердих частинок [6, с. 14].

Методи інтенсифікації процесу анаеробної переробки промислових відходів: мікробіологічні методи інтенсифікації процесу метанового зброджування (коферментація, нові штами мікроорганізмів, добавки, що стимулюють процеси окислення, іммобілізація мікроорганізмів на носії), конструктивно-технологічні методи інтенсифікації процесу метанового зброджування (підготовка сировини, перемішування, температура, підігрів) [7, с. 1].

Аналіз технічної літератури свідчить про те, що необхідне розроблення нового способу інтенсифікації процесу анаеробного зброджування.

Становить науковий інтерес аналіз впливу основних компонентів біогазу, а саме метану та карбон (IV) оксиду, на організм людини.

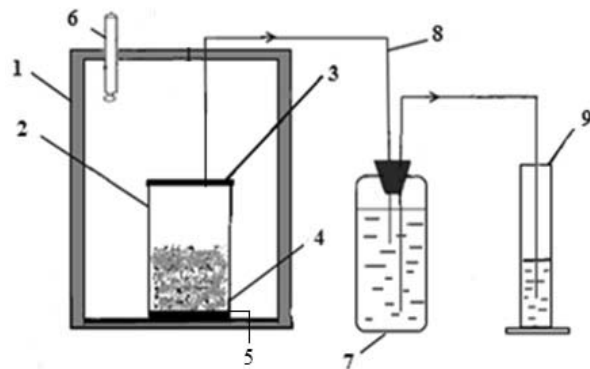
Метан, що входить до складу біогазу, практично не отруйний у невеликих кількостях. Він легший за повітря, легко запалюється й утворює з повітрям або киснем вибухову суміш. У разі витоків за наявності вентиляції газ випаровується без будь-яких наслідків.

Дослідження впливу  $\text{CO}_2$  на самопочуття людей показали, що при високих концентраціях цього газу в повітрі проявляється значне зниження уваги й виникає хронічна втома. Більше того, вуглекислий газ стає причиною підвищеної захворюваності людей, передусім страждають носоглотка та дихальні шляхи, підвищується кількість астматичних нападів.

Біогаз у суміші з повітрям у пропорції від 5% до 15% за наявності джерела запалення з температурою  $600\text{ }^\circ\text{C}$  або більше може призвести до вибуху. Відкритий вогонь небезпечний при концентраціях біогазу в повітрі більше ніж 12%. Забороняється куріння й розведення вогню біля установки. Під час проведення зварювальних робіт відстань до газового обладнання повинна бути не меншою за 10 м [8, с. 1].

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження впливу шкідливих чинників на стан здоров'я, а саме вплив шкідливих чинників на організм людини під час виробництва біогазу на біогазових установках.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для проведення експериментів складено лабораторну установку для отримання біогазу, схема якої зображена на рисунку 2.



**Рис. 2.** Схема лабораторної установки одержання біогазу: 1 – герметичний теплоізолюючий ковпак; 2 – біореактор; 3 – кришка герметична; 4 – нагрівач із терморегулятором; 5 – електроживлення; 6 – термометр; 7 – приймач газу; 8 – трубопровід відводу газу; 9 – циліндр для вимірювання об'єму води

Експеримент проводили у скляному реакторі ємністю  $1\text{ дм}^3$ , щільно закритому гумовою пробкою, до якого приєднували герметичну ємність для збирання біогазу та циліндр для вимірювання об'єму витісненої біогазом води.

Підтримку постійної температури мезофільного режиму зброджування виконували завдяки нагрівачу з терморегулятором. Для мінімізації теплових утрат біореактора використовували пінопластовий ковпак, товщиною стінки 20 мм.

Дослідження проводили так. У біореактор 2 завантажували вихідну сировину, герметично закривали кришкою 3 з трубопроводом для відводу газу 8, що з'єднував реактор 2 та приймач біогазу 7. Приймач біогазу 7 заповнювали водою. До біореактора 2 приєднували нагрівач із тер-

морегулятором 4 до електроживлення 5 і накривали герметичним теплоізолюючим ковпаком 1. Після цього всі з'єднувальні канали перевіряли на герметичність. Об'єм біогазу заміряли за обсягом витісненої рідини (води) з приймача газу 7 у циліндр 9. Щодоби в мірному циліндрі з водою контролювали об'єм біогазу, який утворився.

При цьому під ковпаком 1 підтримувалась температура 33 °С [9, с. 120].

Залежність виходу біогазу від тривалості процесу анаеробного зброджування під час застосування як сировини рослинних відходів показано на рисунку 3.

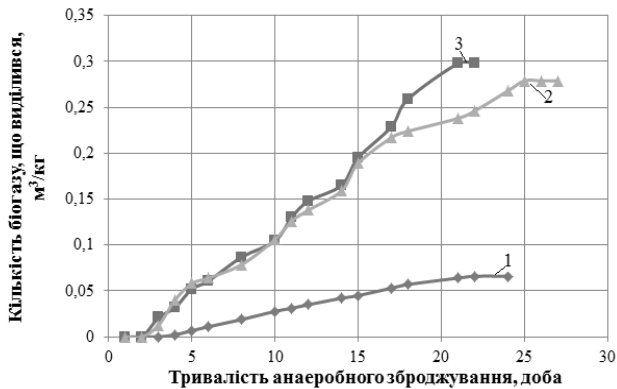


Рис. 3. Залежність виходу біогазу від тривалості процесу анаеробного зброджування під час застосування як сировини рослинних відходів: 1 – без додавання сироватки; 2 – з додаванням сироватки у співвідношенні «рослинні відходи:сироватка» 2:1; 3 – з додаванням сироватки у співвідношенні «рослинні відходи:сироватка» 1:1

Експериментально доведено, що найбільший об'єм біогазу виділяється в разі використання як сировини рослинних відходів і молочної сироватки у співвідношенні «рослинні відходи:сироватка» 1:1. Додавка сироватки призводить до підвищення виходу біогазу у 4,2 рази. Установлено, що додавання сироватки призводить до скорочення часу перебування сировини в реакторі анаеробного зброджування з 27 до 22 діб.

При цьому встановлено, що вологість сировини без додавання сироватки до зброджування становила 74,3%, а після зброджування – 79,6%. Вологість сировини з додаванням сироватки у співвідношенні «рослинні відходи:сироватка» 1:1 до зброджування становила 88,5%, а після – 91,2%.

Біогаз у суміші з атмосферним повітрям може вибухнути, якщо процент його вмісту в загальній сумі становить близько 6–12% і водночас з'являється джерело запалення, що має температуру більше ніж 700 °С. Крім того, небезпека вибуху виникає й у разі суміші біогазу з повітрям,

коли вміст біогазу в ній більший ніж 12%. Можливе запаморочення внаслідок отруєння, при вдиханні в легені біогазу достатньою концентрацією.

Залежність виходу  $\text{CH}_4$  і  $\text{CO}_2$  від часу представлена на рисунку 4.

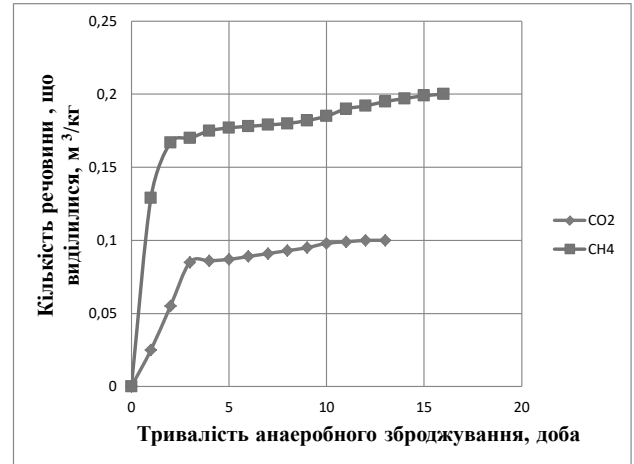


Рис. 4. Залежність виходу  $\text{CH}_4$  і  $\text{CO}_2$  від тривалості процесу анаеробного зброджування

Метан, що виділяється під час бродіння сировини, у великих концентраціях надає наркотичної дії. Він впливає за принципом анестезуючих препаратів: знижуються чутливість і показники артеріального тиску [3, с. 1].

Надзвичайно важливо стежити за вмістом  $\text{CO}_2$  в приміщеннях. Підвищений уміст вуглекислого газу знижує продуктивність праці працівників і негативно позначається на їхньому здоров'ї.

Найбільш економічно ефективним рішенням має стати уловлювання й безпосереднє використання діоксид вуглецю як робочого тіла. По-перше, холодоагент  $\text{CO}_2$  все ширше використовується в холодильних установках, не має кольору, запаху та важчий за повітря. По-друге, застосування  $\text{CO}_2$  надзвичайно перспективно не тільки через простоту його отримання, а й тому, що використання цього газу в різних агрегатних станах (газ, рідина, тверде речовина) дає змогу вирішувати різні технологічні завдання. При цьому зневоднений діоксид вуглецю (як газоподібний, так і рідкий) не наражає на корозії метали [10, с. 22].

Перед запуском біогазова установка повинна проходити процес прийняття експертом для включення.

**Висновки.** На основі обробки відомих теоретичних та отриманих експериментальних даних рекомендовано таке вдосконалення промислової технології отримання біогазу: додавання молочної сироватки рослинної сировини при співвідношенні 1:1, що дає можливість ско-

ротити час перебування продуктів переробки в реакторі одержання біомінерального добрива з 27 до 22 діб.

Результати роботи дають змогу зробити висновок, що розроблення технологій переробки вторинної сировини в якісні біомінеральні добрива є новим і перспективним науковим напрямом.

До складу біогазу входять  $\text{CO}_2$  і  $\text{CH}_4$ . Метан, що входить до складу біогазу, практично не отруйний. Він легший за повітря, легко запалюється й утворює з повітрям або киснем вибухову суміш. У разі витoku за наявності вентиляції газ випарується без будь-яких наслідків.

$\text{CO}_2$  входить до складу біогазу, теж може накопичуватись у глибоких виїмках, оскільки він важ-

чий за повітря, за наявності нещільності в установці викликає небезпеку задухи.

Орган, який видає дозвіл перед запуском біогазової установки, повинен отримати свідоцтво про перевірку на непроникність газгольдера до вказівок міцності на розрив, а також для підтвердження газопроникності щодо метану і стійкості використаного матеріалу плівки до температури необхідно надати зразок матеріалу плівки. Крім того, обов'язковою є наявність протоколу про прийняття експертом у газовій галузі, який би свідчив, що газова установка, включаючи всі газопроводи, відповідає всім загальноприйнятим правилам безпеки техніки. Також має бути підтвердження фахівця з електротехніки, що електричне обладнання відповідає вимогам безпеки експлуатації.

### Список літератури:

1. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. Москва, 2015. 314 с.
2. Директива № 89/391/ЄЕС Ради: директиви 2007/30/ЄС Європарламенту та Ради від 20 червня 2007. База даних «Законодавство України». URL: [http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_b23](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_b23) (дата звернення: 20.09.2018).
3. Техника безопасности и запуск в работу биогазовой установки. *Книги о биогазе: практическое пособие*. URL: <http://www.rosbiogas.ru/literatura/biogazovie-ustanovki-prakticheskoe-posobie/tehnika-bezopasnosti-i-zapusk-v-rabotu-biogazovoj-ustanovki.html> (дата обращения: 01.10.2018).
4. Бичелдей Т.К. Биогаз как антропогенный фактор воздействия на человека: дисс. ... канд. биол. наук: спец. 03.02.08. Москва, 2011. 199 с.
5. Сорокіна К.Б., Козловська С.Б. Технологія перероблення та утилізації осадів: навчальний посібник. Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2012. 226 с.
6. Баадер Б.А, Доне Е.В., Брендерфер М.А. Теория и практика: учебное пособие. Москва, 1982. 148 с.
7. Руководство по биогазу. От получения до использования. Гюльцов, 2012. URL: [http://esco-ecosys.parod.ru/2012\\_9/art272.pdf](http://esco-ecosys.parod.ru/2012_9/art272.pdf) (дата обращения: 01.10.2018).
8. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: Постановление Госгортехнадзора России от 21 июля 2000 года № 42. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901837143> (дата обращения: 25.10.2018).
9. Іванченко А.В. Використання молочної сироватки в технології одержання біомінеральних добрив з відходів. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Серія «Технічні науки»*. 2018. № 1 (32). С. 119–127.
10. Гафуров А.М. Способ утилизации тепловых вторичных энергоресурсов промышленных предприятий для выработки электроэнергии. *Известия высших учебных заведений «Проблемы энергетики»*. 2016. № 11–12. С. 37–43.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

*Статья посвящена исследованию технологии получения биогаза из растительного сырья и его влияния на организм человека. Указана актуальность проблемы переработки растительного сырья и влияния при производстве биогаза на организм человека. Разработан новый способ интенсификации процесса анаэробного сбраживания. На основании экспериментальных исследований доказано, что наибольший объем биогаза выделяется при использовании в качестве сырья растительных отходов и молочной сыворотки. Полученный биогаз можно повторно использовать в производстве.*

**Ключевые слова:** биогаз, метан, охрана труда, биогазовая установка, анаэробное сбраживание.

**STUDYING THE PROCESS OF BIOGAZES FROM PLANT MIXTURES  
AND ITS IMPACT ON HUMAN ORGANISM**

*The article is devoted to the study of technology of production of biogas from plant raw materials and its influence on the human body. The urgency of the problem of processing of plant raw materials and the effect of biogas production on the human body have been noted. A new way of intensifying the process of anaerobic digestion has been developed. Based on experimental studies, it is proved that the largest volume of biogas is released when vegetable waste and serum are used as raw material. The resulting biogas can be reused in production.*

**Key words:** *biogas, methane, labor protection, biogas plant, anaerobic digestion.*