# ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОБЕЗПЕКИ

**УДК 504.062:550.7:574.5**

## БІОГАЗ – ЯК ОДИН ІЗ ЧИННИКІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ

**Лапшин Ю.С.[1], Кордик Я.С.[2], Машков О.А.[2], Барановська В.Є.[2], Голубцова Н.Ю.[3], Париков Л.Е.[3]**
[1] Інститут загальної енергетики НАН України
вул. Антоновича, 172, 03150, м. Київ;
[2] Державна екологічна академія післядипломної світи та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
mashkov_oleg_52@ukr.net;
[3] ТОВ «СП Ланко»
ул. Т. Шамрыло 7а, 04112, м. Київ

Досліджено світовий досвід розвитку біогазоваих технологій, заснованих на використанні енергетичних поновлювальних джерел енергії. Обґрунтовано доцільність організації виробництва і використання біогазу в Україні, яка має великий біоенергетичний ресурс. *Ключові слова:* біогаз, технології одержання біогазу, чисті енергетичні технології.

**Биогаз – как один из факторов обеспечения энергетической независимости Украины.** Лапшин Ю.С., Кордик Я.С., Машков О.А., Голубцова Н.Ю, Париковов Л.Е. Исследовано мировой опыт развития биогазоваих технологий, основанных на использовании энергетических возобновляемых источников энергии. Обоснована целесообразность организации производства и использования биогаза в Украине, которая имеет большой биоэнергетический ресурс. *Ключевые слова:* биогаз, технологии получения биогаза, чистые энергетические технологии.

**Biogas is one of the factors contributing to Ukraine's energy independence.** Lapshin Y., Kordik Y., Mashkov O., Golubtsova N., Parikov L. The world experience in the development of biogas technologies based on the use of energy renewable energy sources has been researched. The expediency of organizing the production and use of biogas in Ukraine, which has a great bioenergy resource, is substantiated. *Keywords:* biogas, technologies of biogas production, clean energy technologies.

Технологія одержання біогазу не вимагає дорогого устаткування, вона обходиться без дефіцитних матеріалів. Устаткування технологічної лінії може виготовлятися навіть кустарними способами. Але більш ефективним буде налагоджене виробництво спеціалізованими фірмами, які будуть

виникати у зв'язку з попитом (як відгук на попит, що з'явиться).

Деякі країни, які не мають достатньо власних енергетичних ресурсів, наприклад Данія, Бразилія, успішно задовольняють потреби в енергетиці за рахунок власних відновлюваних джерел енергії (вітер, сонце, біогаз). За ресурсами поновлюваних енергетичних джерел Україна не поступається багатьом розвиненим країнам. Екологічна та економічна доцільність освоєння чистих енергетичних технологій в Україні – очевидна.

Уряд України прийняв низку законів і видав кілька розпоряджень, згідно з якими маємо інтенсивніше освоювати і впроваджувати технології, засновані на використанні таких енергетичних джерел. Наприклад, закон України «Про основні засади (Стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» від 21 грудня 2010 року 2818-VI: «Поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки» [1]. «Атмосферне повітря. Зменшення обсягу викидів загальнопоширених забруднюючих речовин: стаціонарними джерелами до 2015 року на 10 відсотків і до 2020 року на 25 відсотків базового рівня»; розпорядження Кабінету Міністрів України від 12.02.2009 № 217 – р «Питання організації виробництва та використання біогазу» [2]. Застосування запропонованих технологій забезпечить мешканців селищ та міст газом та високоякісними добривами, а також часткове розв'язання проблеми утилізації відходів.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, що організовує курси підвищення кваліфікації на різні екологічні тематики та здійснює підготовку відповідних фахівців, а також широка реклама засобами масової інформації (телебачення, преса, науково-популярні журнали, рекламні проспекти) прискорить широкомасштабне впровадження технології (анаеробне бродіння) отримання біогазу і добрив, що дозволить упродовж 1–2 років на 1/3 вирішити задачу побутового теплогазопостачання, а також більш, ніж на 50 % забезпечити потребу сільського господарства високоякісними добривами. Наслідком стане також зменшення ступеня забруднення біосфери мінеральними добривами, дуже небезпечними відходами м'ясокомбінатів, цукрових заводів тощо.

### Оцінка біогазового ресурсу України

За даними Держкомстату України станом на 15.12.2014 рокукількість домашніх тварин в Україні (без урахування Криму, а також Донецької і Луганської областей) становила: великої рогатої худоби – близько 4,7 млн голів, у тому числі корів – 2,414, свиней – 7,99, птиці – 230,834, овець та кіз – 1,815 млн голів [3]. Відходи життєдіяльності тварин (включаючи їх трупи) і людини є сировиною для одержання біогазу, що практично не вимагає попередньої обробки, як і деякі відходи сільського і лісового господарств (тирса, деревні стружки, опале листя, полова, лушпиння тощо.). Підготовка до виробництва біогазу інших (твердих і великогабаритних) біологічних (органічних) відходів лісового та сільського господарств полягає у подрібненні вихідного матеріалу (бажано) до розмірів тирси. Сумарний біогазовий потенціал відходів лісового та сільського господарств щонайменше в 5 разів перевищує потенціал тваринництва. Загальний енергетичний

потенціал біогазу України вважатимемо збільшеним у 6 разів потенціалу відходів тваринництва.

У практиці отримання біогазу в основному здійснюється під час двох процесів – це піроліз (хімічна реакція, під час якої органічні сполуки розпадаються без доступу кисню) і або ж, за якої біогаз утворюється від бродіння обводненої біомаси в анаеробних умовах [4]. Піроліз – це процес, який швидко протікає у минулому. Він широко використовується в техніці. Приміром, у Радянському Союзі під час Другої Світової війни частина вантажного автотранспорту, обладнаного карбюраторними двигунами, працювала на березових дровах, які спалювалися і пропікалися в прикріпленій до вантажівки технологічній системі. Але на сьогодні у світовій практиці переважно використовується технологія анаеробного бродіння, яка, хоча і значно поступається піролізу за швидкістю протікання процесу, але має низку переваг [1].

Біогаз складається з метану (55–75% – CH4) і вуглекислого газу (15–45% – $CO_2$), а також можуть бути сліди сірководню (0–3%). Його теплота згоряння становить 25 МДж / м$^3$ (що еквівалентно згорянню 0,6 л бензину, 0,85 л спирту, 1,7 кг деревини або використанню 1,4 кВт г). Для виробництва 1 кВт*год електроенергії потрібно від 0,3 до 0,6 кубометрів біогазу.

Різноманітні види мікроорганізмів метаболізують вуглець з органічних субстратів без доступу кисню (анаеробним способом). Цей процес, який називається гниттям або безкисневим бродінням, під час якого виділяється біогаз. Він може використовуватися як звичайний природний газ для технологічних цілей, обігріву, вироблення електроенергії. Його також можна накопичувати, перекачувати, використовувати для заправки автомобіля тощо. Біогаз не має неприємного запаха. Наприклад: при переробці 1 т гною великої рогатої худоби і свиней можна отримати до 65 м$^3$ біогазу, а з курячого – до 130 м$^3$. Можна навести й більш доступний для розуміння розрахунок: 1 корова здатна забезпечити одержання 2,5 м$^3$ газу на добу, бик на відгодівлі – 1,6 м$^3$, свиня – 0,3 м$^3$, птиця – 0,02 м$^3$ (табл. 1). Крім того, в процесі біоконверсії (процес, при якому відходи сільськогосподарського виробництва перетворюються на біогаз), крім енергетичної проблеми вдається вирішити ще два завдання. По-перше, зброджений гній порівняно зі звичайним підвищує на 10–20% врожайність сільськогосподарських культур. Пояснюється це тим, що при анаеробній переробці відбувається мінералізація і зв'язування азоту. За традиційних способів одержання органічних добрив (компостуванням) втрати азоту становлять до 30–40%. Анаеробна переробка органічних відходів (представляє собою багатоступінчастий процес розкладання органічних речовин у спеціальних ємкостях без доступу повітря (кисню) під дією анаеробних мікроорганізмів з утворенням метану і вуглекислого газу у вигляді кінцевих продуктів) у чотири рази порівняно з незбродженим гноєм збільшує вміст амонійного азоту (20–40% азоту переходить в амонійну форму). Вміст засвоєного фосфору подвоюється і становить 50% загального фосфору.

* Примітка: питома вага біогазу становить 1,2 кг на 1 м$^3$, тому при розрахунку кількості одержуваних добрив необхідно віднімати його від кількості сировини, що перероблю-

ється. По-друге, під час зброджування повністю гинуть насіння бур'янів, які завжди містяться в гної, знищуються мікробні асоціації, яйця гельмінтів, нейтралізується неприємний запах, тобто досягається актуальний на сьогодні екологічний ефект. Будь-які інші системи очищення споживають енергію, а не виробляють. Оскільки процес відбувається без доступу повітря (ферментатори повністю герметичні), то запахи при переробці не поширюються. Біогазова установка дозволяє прибрати основну масу забруднюючих органічних речовин, тому після установки відходи не мають неприємного специфічного запаху. Після звичайних систем очищення відходи так і залишаються відходами. Після біогазової установки – це високоякісні добрива.

На сьогодні в Європі зосереджено 44% світової кількості установок анаеробного зброджування, в Північній Америці – 14%. У 2010 році в країнах ЄС одержання додаткової енергії відбувається за рахунок використання біомаси 90 млн т нафтового еквівалента, з них 15 млн т – за рахунок використання біогазових установок. За оцінками експертів, у Німеччині існує необхідність в будівництві щонайменше 220 тис. біогазових установок, у тому числі 86% повинні переробляти гній. При здійсненні цих планів частка біогазу може досягти 11% загального обсягу споживання газу в Німеччині.

До 2005 року таких біогазових реакторів у Китаї налічувалося понад 10 млн, щорічно вони виробляли близько 7,3 млрд м$^3$ біогазу.

Біогаз, як і природний газ, належить до чистих видів палива. Біогазова технологія дозволяє прискорено отримувати за допомогою анаеробного бродіння натуральне біодобриво, що містить біологічно активні речовини і мікроелементи. Основні переваги біодобрив після біогазової установки порівняно зі звичайним гноєм і мінеральними добривами такі:

1. максимальне збереження і накопичення азоту. При тривалому зберіганні (компостуванні) гною втрачається до 50% азоту. Завдяки процессу анаеробного бродіння в біогазовій установці загальний вміст азоту N у біодобриві повністю зберігається, крім того, вміст розчинного азоту NH4-N збільшується на 10–15%;

2. відсутність насіння бур'янів. В 1 т свіжого гною ВРХ (Велика рогата худоба) знаходиться до 10 тис. насіння бур'янів, які не втрачають здатність до проростання, навіть пройшовши через шлунок тварини. Після біогазової установки 99% насіння втрачає (життєздатність);

3. відсутність патогенної мікрофлори. У гної можуть міститися небезпечні для тварини і людини хвороби – сальмонельоз, аскаридоз, кишкові інфекції. Біодобрива, завдяки спеціальній технології переробки в біогазовій установці, повністю позбавлені патогенної мікрофлори;

4. наявність активної мікрофлори. Високий рівень гуміфікації органічної речовини служить потужним поштовхом для активації ґрунтових мікроорганізмів, азотфіксуючі і інші мікробіологічні процеси відбуваються набагато швидше;

5. відсутність періоду зберігання. Завдяки своїй формі біодобрива починають ефективно працювати відразу при внесенні;

6. стійкість до вимивання з грунту поживних елементів. За сезон з грунту вимивається близько 80% мінеральних добрив, тому доводиться їх щорічно

додавати в великих кількостях. За цей же час з ґрунту вимивається всього до 15% біодобрив, внесені на поля у невеликій кількості біодобрива працюватимуть на 3–5 років довше, ніж звичайні;

7. екологічний вплив на ґрунт. Мінеральні добрива можуть завдавати великої шкоди, забруднюючи ґрунт і ґрунтові води. Тоді як біодобрива є абсолютно чистим екологічним добривом.

**Розрахунковий вихід біогазу з різноманітних типів відходів**

| Тип сировини: | Вихід газу, $м^3$ на 1 т |
|---|---|
| Коров'ячий гній | 60 |
| Свинячий гній | 65 |
| Послід пташиний | 130 |
| Бійні відходи | 300 |
| Жир | 1300 |
| Барда післяспиртова | 70 |
| Зерно | 500 |
| Силос, бадилля, трава, водорості | 400 |
| Молочна сироватка | 60 |
| Буряковий і фруктовий віджим | 70 |

З урахуванням цієї інформації можна визначити біогазовий потенціал України.

### Заходи щодо освоєння біогазового ресурсу України

Перш за все, необхідно розпочати роботу з підготовки фахівців – людей, здатних освоїти основні принципи пристрою і роботи біогазових установок. Принципи їх роботи – подрібнення біомаси в анаеробних (без доступу кисню) умовах. Вважається, що при вологості біомаси 88% і температурі 38°С і перемішуванні біомаси процес анаеробного бродіння протікає найбільш інтенсивно. Для прискорення процесу слід забезпечити періодичне переміщення малої частини біомаси (закваски) з центральної зони установки в зону завантаження біомаси в установку. Біогаз, що виходить з установки, має стопроцентний вміст водяної пари, яка (конденсуючись з охолодженням) дає воду. Слід забезпечити відведення цієї води. У конструкції установки повинна бути резервна ємність для зберігання обсягу біогазу, що являє собою різницю обсягів виробленого і спожитого біогазу. Тиск біогазу всередині резервної ємності не може бути високим (високий тиск знизить продуктивність установки і викличе підвищення її вартості). Крім того, бажано забезпечити сталість тиску в резервній камері. Для виконання цих умов використовується одне з двох конструктивних рішень: перше – резервна камера являє собою сильфон, друге – камера має жорстку оболонку, але приєднана до біогазової установки через гідрозатвор. У світі є багато фірм, що спеціалізуються на виготовленні і монтажі біогазових установок, що працюють в автоматичному режимі. Наприклад, німецька фірма «Дойче Агротехнік», що виконує замовлення на виготовлення і монтаж біогазових станцій високої продуктивності. Мінімальна ціна біоенергетичної установки – 1,9 млн євро. Але купівля такого устаткування – це не для бідної України.

Освоєння біогазового ресурсу не вимагає великих фінансових витрат. Відомий випадок в Україні – поліетиленові плівки, які зварюються за допомогою праски, наявність соломи (теплоізоляція), а аткож лопати, відходи свинарництва. Один умілець

(господар) самостійно створює біогазову установку, що дозволяє йому повністю покрити потреби його господарства в енергії, включаючи і заправку його особистого автомобіля. Умілець не володів необхідними знаннями, тому його біогазова установка працювала тільки в теплий період року. Але його приклад говорить про те, як необхідно володіти відповідними знаннями. На жаль, шкільні програми фізики знаходяться в протиріччі з часом і життєвими запитам. Ядерна фізика, як і нано технології, інженерна генетика можуть цікавити багатьох, але величезній більшість людей не можуть працювати у тій сфері, де вони можуть щось зробити корисне для себе та інших. Для користі людей у школі учнів слід знайомити з законами природи, знання яких може підвищити їх якість життя, а не змушувати їх вивчити досвід Резерфорда.

Щодо біогазових технологій, то можна стверджувати, що немає іншої країни в світі, в якій необхідне використання біогазових технологій, як в Україні.

Екологічна академія направляла листи до обласних керівників найвищих рівнів (як адміністраторів так і органів самоврядування) про можливість безкоштовного навчання їхніх фахівців на курсах підвищення кваліфікації. Як правило, відповідей не було, а якщо були, то вони містили відомості про відсутність коштів на відрядження. Ми пропонували проведення курсів на території регіонів. Бажання у регіонів не виникало. Інформація про можливості навчання на курсах нашої академії, розміщена на сайті академії, інтересу не викликала.

18.02.2015 Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України з Громадською організацією «Агентство відновлюваної енергетики» в рамках проекту USAID МЕР «Сприяння заміні природного газу біомасою при виробленні теплової енергії» провели семінар-дискусію «Підвищення обізнаності урядових органів у сфері: заміни природного газу біомасою». Основна тема доповідей зводилася до висвітлення діючих і пропонованих нормативно правових актів щодо стимулювання інвесторів, що вкладають кошти в технології отримання біогазу і критики законів про використання земельних угідь, що забороняють вирощування деяких культур і тим негативно впливають на родючість ґрунту. У підсумку, представники урядових органів дізналися, що інвестор не погодиться вкладати (собі в збиток) кошти в розвиток технологій з виробництва біогазу в Україні. За цих умов проблематичним є виконання розпорядження КМУ про доведення щорічного обсягу випуску біогазу в Україні до 1 млрд $м^3$. А доцільно на зразок Польщі, створити умови для забезпечення фермерів механізмами, які при малих енергетичних витратах дозволять перетворювати пухку солом'яну масу в щільні брикети, надати малопродуктивні землі в розпорядження ентузіастів, здатних вирощувати на них до 100т/га біомаси в літній сезон.

Науковцям запропоновано:

1. технологію отримання біогазу шляхом реалізації процесу анаеробного бродіння біомаси загальнодоступна (не є секретною або приватною власністю). Складання проектів, виконання залізобетонних робіт (будівництво корпусу установки), як і виготовлення металевих з'єднувальних (сталевих) елементів

конструкції, а також теплоізоляція, можуть виконуватися з вітчизняних матеріалів українськими фахівцями. У цих умовах собівартість установок буде (як мінімум) на порядок меншою цін, встановлених іноземними фірмами, а термін окупності не перевищить двох років (а не 10, як у випадку залучення іноземних фахівців).

Подробиці щодо суті технологій отримання біогазу і відповідних технологічних ліній бажаючі можуть вивчити на курсах підвищення кваліфікації, організованих Державною екологічною академією післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів України (див. інтернет сайт академії).

Навчання на цих курсах представників державної адміністрації і органів самоврядування безкоштовне.

При складанні проекту особливу увагу слід приділити питанням транспортування біомаси. Можливо, що ефективним виявиться шлях вирішення питань на конкурсній основі. Наприклад, утилізація відходів щорічних санітарних рубок лісів України (як правило, спалюють на місці – 1млн т), при їх переробці на станціях біогазу може дати 400 млн м$^3$ біогазу, 500000 т добрив і запобігти викиду в атмосферу – 733000 т вуглекислого газу. Остання цифра одержана в припущенні, що висушені деревні відходи на 50% складаються з вуглецю, а самі відходи містять 60% води. Учасники конкурсу повинні будуть розробити найбільш економічний спосіб ущільнення відходів і доставки ущільненого матеріалу до станції біогазу. А автор проекту біогазової станції, на підставі дозволу завдання логістики (в тому числі і доставки виробленої продукції споживачеві), визначить оптимальні параметри станції.

**Висновки**

– Україна має великий біоенергетичний ресурс для утворення біогазу;

– Уряд України схвалює освоєння технологій для утворення біогазу;

– виготовлення технологічного обладнання для одержання біогазу не потребує високої кваліфікації майстрів і коштовного матеріалу;

– Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління Міністерства екології і природних ресурсів Україні має можливість здійснити (на відповідних курсах підвищення кваліфікації) теоретичну підготовку фахівців з питань: пояснення суті біохімічних процесів, котрі мають місце у анаеробному реакторі, висвітлення засобів виготовлення технологічного обладнання, ознайомлення з правилами експлуатації і безпеки;

– масштабне впровадження технології анаеробного бродіння в Україні допоможе вирішенню трьох наступних проблем: енергетичної, продовольчої (за рахунок постачання якісних добрів), та зменшення відходів.

**Література**

1. «Поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки». http://zakon0. rada.gov.ua/laws/show/2818–17/.
2. «Питання організації виробництва та використання біогазу». http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/217–2009-%D1%80/.
3. Держкомстат України на 15.12.2014
4. (http://www.ukrstat.gov.ua/) (https://uk.wikipedia.org/wiki/ %D0%9F%D1%96%D1%80%D0%BE%D0%BB%D1%96%D0%B7)