

БІОГАЗ ІЗ ВІДХОДІВ ТА ВТОРИННИХ ПРОДУКТІВ ТВАРИННИЦТВА ЯК АВТОМОБІЛЬНЕ ПАЛИВО

Ф. В. Козак, Т. В. Дикун, Л. І. Гаєва, В. В. Лучинський

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727148;
e-mail: trans@nung.edu.ua

Враховуючи значний ріст автомобілізації в державі, обмежені ресурси палива для автомобільних двигунів нафтового походження, питання пошуку і використання альтернативних палив є досить актуальним. Як варіант можна використовувати паливо з вторинних продуктів (відходів) тваринництва. Склад біогазу з відходів тваринництва суттєво відрізняється від газу природного походження. Робочий процес згорання в двигунах такого палива має свої особливості. Для його використання необхідне додаткове очищення, оскільки в процесі згорання можливе утворення побічних токсичних компонентів.

Проаналізовано можливості і перспективи використання біогазу з відходів тваринництва, проблеми очищення біогазу, переваги і недоліки його як автомобільного палива. Окреслені основні напрями використання біогазу з відходів тваринництва, в тому числі в сумішах з природним газом.

Ключові слова: біопаливо, біогаз, очищення газу.

Учитывая значительный рост автомобилизации в государстве, ограниченные ресурсы топлива для автомобильных двигателей нефтяного происхождения, вопросы поиска и использования альтернативных топлив являются достаточно актуальными. Как вариант можно использовать топливо из вторичных продуктов (отходов) животноводства. Состав биогаза из отходов животноводства существенно отличается от газа естественного происхождения. Рабочий процесс сгорания в двигателях такого топлива имеет свои особенности. Для его использования необходима дополнительная очистка, поскольку в процессе сгорания возможно образование побочных токсичных компонентов.

Проанализированы возможности и перспективы использования биогаза из отходов животноводства, проблемы очистки биогаза, преимущества и недостатки его как автомобильного топлива. Очерчены основные направления использования биогаза из отходов животноводства, в том числе в смесях с природным газом.

Ключевые слова: биотопливо, биогаз, очистка газа.

Taking into account a considerable increase of motorization in our country, the limited fuel resources for oil-based motor engines and issue of searching and using alternative fuels are of great concern. One of the ways to solve this problem is the using of fuel from animal waste. The composition of biogas from animal waste substantially differs from natural gas. The biogas burning process in engines has its peculiarities. It requires additional cleaning, because during its burning some toxic components can be formed.

The article deals with the possibilities and prospects for use of biogas from animal waste; with the problem of biogas cleaning, and advantages and disadvantages of it as automotive fuel. The main ways of using biogas from animal waste (as well as in mixtures with natural gas) are described.

Keywords: biofuel, biogas, biogas cleaning.

Вступ. На сьогоднішні частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в світовому енергетичному балансі незначна – близько 14%, а внесок біомаси – лише близько 1,8%. Але, як показує практика, навіть незначні коливання на ринках енергетичних ресурсів викликають різке підвищення цін. Це свідчить про те, що роль альтернативної енергетики на ринках з часом тільки зростатиме. У структурі альтернативної енергетики в світі енергія біомаси складає до 13%. За прогнозами вчених, частка відновлюваних джерел енергії до 2040 р досягне 47,7%, а внесок біомаси - 23,8%.

Нова галузь енергетики «Біоенергетика» вирішує двоєдину проблему отримання палива та охорони навколишнього середовища. Біо-

енергетика, з наукової точки зору, вивчає механізм перетворення енергії в процесах життєдіяльності біологічних об'єктів. Джерелом для виробництва біопалива є біомаса, як біологічний компонент продуктів та відходів сільського господарства (як рослинного, так і тваринного походження), лісового господарства та пов'язаних з ними виробництв, а також промислових і побутових відходів. Ефективності енергетичного використання біомаси з останнім часом приділяється особлива увага.

Мета статті – проаналізувати можливості і перспективи використання біогазу з продуктів тваринництва як автомобільного палива.

Іноземний досвід. Біогазові технології розвиваються досить швидкими темпами, особливо в країнах, в яких добре розвинене сільське господарство. За даними журналу «Міжнародна біоенергетика» 86% біогазового потенціалу міститься в сільськогосподарській сировині і лише 8% – в промислових і комунальних відходах. Тому останнім часом більш швидкими темпами стало розвиватися виробництво біогазу з органічних відходів сільськогосподарського виробництва.

Вартість біогазових установок у країнах ЄС оцінюється в 2 млрд доларів, за прогнозами ціна на біогаз повинна зрости до 25 млрд. До 2020 року у європейській практиці 75% біогазу буде вироблятися з відходів сільського господарства, в тому числі 17% – з органічних відходів приватних домогосподарств та підприємств і ще 8% – з продукту каналізаційних очисних споруд.

Сьогодні перше місце в Європі за кількістю діючих біогазових установок належить Німеччині – в 2010 р їх налічувалося понад 9000. Тільки 7% виробленого цими підприємствами біогазу надходить в газопроводи, решта використовується для потреб виробника. У перспективі 10-20% використуваного в країні натурального газу може бути замінено на біогаз.

За масштабами застосування біогазу передре Данія. Тут даний вид палива забезпечує майже 20% від загального енергоспоживання країни. Серед інших європейських країн з високими темпами розвитку ринку біогазу варто виділити Великобританію, Швецію, Норвегію, Італію, Францію, Іспанію і Польщу.

Ринок біогазу в США розвивається значно повільніше, ніж в Європі. Наприклад, незважаючи на наявність великої кількості ферм, на території країни діє всього близько 200 біогазових заводів, які працюють на сільськогосподарських відходах. Якщо дотримуватися заданих темпів розвитку, то якщо протягом найближчих 10 років буде побудовано лише 10% нових установок, що складе близько 220 нових установок.

Активно займаються впровадженням біогазових установок в країнах Скандинавії. Професор Шведського університету Т. Штерн розповіла, що в Швеції працюють вже понад 200 установок, з яких 138 – на водоочисних спорудах, а 60 переробляють звалищні відходи. У Данії найбільша кількість установок діє на тваринницьких фермах.

У 12 європейських країнах (Австрія, Чехія, Німеччина, Данія, Фінляндія, Франція, Угорщина, Ісландія, Італія, Нідерланди, Швеція, Великобританія) біометан використовується як моторне паливо (в тому числі у вигляді суміші з природним газом), а також для виробництва тепла. На сьогодні загальна кількість біометанових станцій у європейських країнах досягла 250 од., з яких 200 станцій подають біометан в мережу природного газу.

Переваги. Біогаз з продуктів тваринництва має низку переваг перед природним газом, а саме:

1. Біогаз виробляється із біологічної сировини, отже його виробництво і спалювання є частиною природного циклу вуглецю, що не приводить до накопичення природного газу в атмосфері і до парникового ефекту. Природний газ добувається з глибини землі, він не є частиною атмосфери, отже, при його спалюванні відбувається накопичення вуглекислого газу.

2. Біогаз – відновлюване джерело енергії, тобто він ніколи не вичерпається. Для порівняння, природного газу і нафти при теперішніх темпах їх використання за прогнозами вистачить не більше, ніж на 50 років.

3. Біогаз виробляється близько до споживача, сировина для його виробництва теж знаходиться недалеко від заводів. Немає необхідності транспортувати газ на великі відстані.

4. Виробництво біогазу дозволяє запобігти викидам метану в атмосферу (метан впливає на парниковий ефект в 21 раз більше, ніж CO₂, і перебуває в атмосфері близько 12 років).

За своїми фізико-хімічними показниками біогаз близький до природного газу, оскільки основний його компонент – метан. Джерелами отримання біометану є продукти метанового бродіння органічних речовин рослинного і тваринного походження. У біогазовій технології використовується процес ферментації – розкладання органічних матеріалів у результаті життєдіяльності мікроорганізмів (специфічний природний біоценоз анаеробних бактерій різних фізіологічних груп). Основними продуктами цього процесу є горючі гази (переважно метан, водень, моноокис вуглецю) і гумус.

Головні переваги біогазу – зниження парникового ефекту і екологічного збитку від систем збору органічних відходів, забезпечення екологічно замкнутої енергетичної системи.

Проекти біогазових установок в Україні. Попри високий потенціал біогазової галузі, її розвиток все ще залишається на початковій стадії. Основна причина – відсутність будь-якої державної підтримки галузі, зокрема застосованих для інших галузей відновлюваної енергетики «зелених» тарифів.

Україна має значні обсяги власних поновлюваних енергоресурсів, потенціал яких сягає понад 100 млн тонн умовного палива, що можуть стати джерелом енергії. На жаль, обсяг використання таких енергоресурсів становить щорічно лише 0,02%.

Перший великий біогазовий комплекс на відходах тваринництва з'явився ще в 1993 р. на свинофермі комбінату «Запоріжсталь» (табл. 1). За 20 років у країні було реалізовано ще з десяток різних проектів, загальна встановлена потужність яких становить близько 7 МВт. Серед найбільших проектів можна виділити біогазовий комплекс «Української молочної компанії» (2003 рік запуску) з переробки гною ВРХ та силосу кукурудзи з рекордною для України потужністю 1 МВт.

Таблиця 1 – Діючі біогазові установки в Україні

Підприємство	Рік запуску	Поголів'я	Сировина	Об'єм сировини, тонн на добу	Об'єм реакторів, м ³	Потужність, кВт	Технологія
Свиноферма комбінату "Запоріжсталь", Запоріжжя	1993	12 000	Гній	20-22	595	-	Bigadan Ltd, Данія
Свиноферма корпорації "Агроооен", Оленівка, Дніпропетровська область	2003	15 000	Гній, жирові відходи	80	2x1000	180	BTG, Нідерланди
Аграрна компанія "Еліта", Терезине, Київська область	2009	1 000	Гній	60	1 500	250	LIPP, ФРН
Ферма ВРХ "УМК", В. Крупіль, Київська область	2009	6 000	Гній	400	3x2400 + 1 000	955	"Зорг", Україна
Птахофабрика МХП «ОрільЛідер», с. Єлізаветовка, Дніпропетр. обл.	2012	-	Послід та силос	140 посліду та 80 силосу	-	5000	NVT, Нідерланди
Свинокомплекс Даноша, с. Копанки, Івано-Франківська обл.	2013	15000	Гній свиней та відходи с/г	4000	-	1000	Данія

У вересні 2011 р. було розпочато будівництво біогазової установки на базі свинокомплексу в с. Копанки Івано-Франківської обл. У 2012 р. «Миронівський хлібопродукт» почав роботи з будівництва біогазової установки на птахофабриці «Оріль-Лідер» у Дніпропетровській обл. Планує реалізувати програму будівництва з 30 БГУ компанія «Укрлендфармінг». Агропромхолдинг «Астарт-Київ» в 2012 р. анонсував будівництво біогазової установки на Глобинському цукровому заводі (Полтавська обл.) за рахунок кредиту ЄБРР. Таким чином, впровадження біогазових технологій залишається долею флагманів АПК, що мають власні ресурси для роботи в умовах слабого фінансового ринку і відсутності інвестицій.

Відкриття біогазового заводу ТОВ "Даноша" відбулось у вересні 2013 року. В жовтні цього ж року біогазовий завод вийшов на проектну потужність. 24 жовтня 2013 року ТОВ "Даноша" отримало від НКРЕ Ліцензію на виробництво електричної енергії.

Введення в експлуатацію біогазового заводу вирішує проблему утилізації відходів свинокомплексу та дає можливість забезпечити його електричною енергією власного виробництва. При цьому щорічна економія природного газу складе 1,65 млн. куб. метрів.

Такі біогазові заводи товариство планує побудувати у селах Лука Калуського, Тустань, Делієво та Маріямпіль Галицького району.

Спосіб видобування біогазу ідентичний технології, що застосовується на станціях аерації, і дає можливість отримати горючий газ із теп-

лотворною здатністю 5000 ккал/м³. Враховуючи те, що в багатьох населених пунктах нашої країни (особливо в сільській місцевості) немає достатнього забезпечення природним газом, але в надлишку сировина для біогазу, таке рішення альтернативної енергетики є досить універсальним.

Установки з видобутку біогазу в Україні дуже перспективні і в якості очисних споруд, оскільки дають можливість переробляти відходи і запобігають скупченню гниючих відвалів поблизу великих виробництв, природне бродиння яких призводить до виділення газів, що спричиняє пожежі. Переробка відходів супроводжується викидом енергії, яку можна використовувати для побутового газопостачання та перетворення в електричну або теплову енергію. Проекти з виробництва біогазу та його подальшого використання як джерела енергії здатні не тільки підвищити рентабельність аграрних холдингів, дозволяючи економити на утилізації відходів і заробляючи на виробництві надлишків тепла та електроенергії, а й перетворюють донедавна розрізнені виробничі процеси та енергозабезпечення в єдиний технологічний цикл.

Вихід біогазу безпосередньо залежить від типу органічного субстрату, що закладається в біореактор (нижче наведено середні дані на кг ваги сухого субстрату):

- кінський гній дає 0,27 м³ біогазу з вмістом метану – 57% ;
- гній ВРХ (великої рогатої худоби) дає 0,3 м³ біогазу із вмістом метану – 65% ;

- свіжий гній ВРХ дає 0,05 м³ біогазу з 68% вмістом метану;
- курячий послід – 0,5 м³, вміст метану в ньому складе 60%;
- свинячий гній – 0,57 м³, де частка метану складе 70%;

Очищення. Оскільки у складі біогазу з продуктів тваринництва міститься до 35% шкідливих домішок (CO₂, O₂, N₂, H₂S, Cl), необхідно провести його очищення, щоб отримати чистий біометан.

На сьогоднішній день існує три основних методи очищення біогазу: рідкого (мокрого) і твердого (сухого) хімічного поглинання домішок (абсорбція і адсорбція), мембранного поділу і виморожування (вакуумний метод).

Найбільш шкідливим компонентом біогазу є сірководень. Він токсичний, має неприємний запах, в присутності вологи (особливо в комбінації з діоксидом карбону) викликає корозію металевих обладнання, при згорянні утворює оксид і діоксид сульфору, які, взаємодіючи з парами води, перетворюються на сірчисту і сірчану кислоти, що мають високу корозійну активність. Вміст сірководню в біогазі може досягати 3%. Сірководень спільно з водяними парами (особливо в комбінації з вуглекислим газом) викликає корозію на металевих поверхнях газообладнання, причому швидкість корозії може досягати 0,5-1 мм на рік. При спалюванні біогазу сірководень переходить в оксиди сульфору. Крім того, H₂S, SO₂ і SO₃ – високотоксичні гази.

Очищення від сірководню і галогенвмісних вуглеводнів проводиться на діючих установках різними способами: адсорбція на активованому вугіллі або абсорбція в промивальному розчині.

При адсорбції біогаз спочатку проходить через спеціально оброблене активоване вугілля, де H₂S окислюється до сульфору, який сорбується порами вугілля (0,3 кг сульфору на 1 кг активованого вугілля). Водяна пара, що міститься в біогазі, адсорбується на активованому вугіллі, внаслідок чого зменшується активність вугілля по відношенню до галогенвмісних вуглеводнів. Тому перед наступним етапом очищення біогазу проводять його осушення. Далі газ пропускають через чергову насадку з активованим вугіллем, на якій адсорбуються галогенвмісні вуглеводні.

У біогазових установках невеликої потужності (сотні м³/добу) застосовують адсорбційний («сухий») спосіб видалення H₂S за рахунок утворення сульфідів при взаємодії з оксидом заліза (фероокисний фільтр):

Оптимальна вологість адсорбенту (5-20%) підтримується присутніми в біогазі парами води. 1 кг оксиду заліза сорбує близько 250 г H₂S. Регенерацію адсорбенту проводять продуванням повітрям. При цьому утворюється елементарна сірка, що відкладається на поверхні оксиду заліза. Після кожної регенерації сорбційна здатність оксиду заліза зменшується в середньому на 15%, що вимагає регулярної заміни відпрацьованого сорбенту.

Для безперервної десульфуризації біогазу застосовують двоколонні установки зі змінним режимом роботи колон: в одній колоні протікає процес поглинання сірководню, а в іншій – регенерація сорбенту продуванням повітрям.

Як поглинач сірководню може бути використаний гідроксид заліза (Fe(OH)₃) у вигляді насадки з розміром частинок 10-20 мм, розміщеної в колоні (діаметром 1,0-1,2 м, висотою 2-3 м) шарами з низьким гідравлічним опором. Для очищення 100 м³ біогазу, що містить 0,35% H₂S, потрібно близько 2 кг Fe(OH)₃. Витрата Fe(OH)₃ за стехіометричним співвідношенням становить 2,1 кг на 1 кг вилученого H₂S.

При використанні методу змінного тиску йдеться про «адсорбцію» або так званий «сухий метод» відділення вуглекислого газу. Біогаз за допомогою компресора (близько 0,8 МПа) подають в адсорбуючий резервуар. У ньому вуглекислий газ залишається на активованому вугіллі або ситі (молекулярні сита на основі карбону), відокремлюючись.

Основний недолік «сухого» способу десульфуризації біогазу – небезпека самозаймання матеріалу під час регенерації через значну кількість тепла, що виділяється.

Інший спосіб відділення важких і галогенвмісних вуглеводнів – абсорбційне очищення, що базується на різній розчинності компонентів газу в воді або водних розчинах різних хімічних сполук. При цій технології галогенвмісні сполуки адсорбуються розчином для промивання, що складається з суміші органічних розчинників (вимиваються). Досягнута при цьому ефективність очищення від сполук хлору становить понад 95%.

Мембранна технологія є відносною новиною в сфері підготовки біогазу. При використанні мембранних технологій поділ метану та інших компонентів газу забезпечується завдяки різним швидкостям дифузії молекул різних газів. Метан, який має відносно невелику молекулу, проходить через більшість мембран швидше, ніж, наприклад, двоокис вуглецю або вуглеводень. При цьому чистоту газу можна регулювати видом мембрани, поверхнею мембрани, швидкістю потоку і кількістю ступенів поділу.

Мембранний метод відокремлення базується на пропусканні через мембрану стисненого компресором біогазу. Тиск біогазу за допомогою компресора підвищують до 1 і більше МПа та подають його в мембранний модуль. Після першої стадії очищення концентрація метану підвищується до 80-85%. Після другої стадії – 90%. У підсумку витрати на самозабезпечення такої установки досягають 30 відсотків від виробленої енергії.

Існує метод розділення біогазу – мембранно-абсорбційний. Ця технологія поєднує в собі переваги абсорбційного і мембранного методів поділу. Так само як в класичному методі хімічного поглинання, вуглекислий газ тут «захоплюється» рідким абсорбентом. Однак тут рідина та газ не контактують між собою – між ними мембрана. Завдяки такій технології не потрібно підвищувати тиск біогазу для подачі його на

мембрану – газ надходить з біореактора самоплином під тиском трохи більшим за атмосферний.

Рухаючись уздовж мембрани, потік вуглекислого газу відводиться через мембрану в рідку фазу абсорбенту, і концентрація «непроникаючої» складової метану в біогазі різко зростає. Мембранний модуль влаштований як етажерка – рідина / газ / рідина / газ – і зібраний в герметичний колектор. Якщо помістити мембранну систему на виході з біореактора, то CO_2 буде відводитися, і можна домогтися вилучення метану необхідної чистоти. Вуглекислий газ в подальшому видаляється здуванням і подається трубами в парники.

Такий комбінований метод очищення біогазу допомагає уникнути додаткових енерговитрат, які в традиційних способах кондиціонування необхідні для нагрівання хімічного сорбенту, охолодження газової суміші або на підвищення тиску біогазу (в мембранному методі очищення). Сумарні витрати на самозабезпечення не перевищують 10% загальної енергії, що виробляється установкою.

Рентабельність очищення газу до якості природного газу виправдовує себе лише при великій витраті палива. Вважається, що система очищення виправдовує себе для установок, які виробляють обсяг газу від $250 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Використання біогазу з продуктів тваринництва як автомобільного палива. Досвід експлуатації автомобілів із використанням біогазу як моторного палива підтверджує можливість застосування його у традиційних конструкціях автомобіля. Завдяки простій, надійній і перевіреній технології біогаз має усі необхідні характеристики для того, щоб стати одним із найефективніших та економічно вигідних видів палива, що отримують із поновлюваних джерел.

За своїми характеристиками очищений повністю чи частково біогаз подібний на природний газ. Тому його можна зберігати і транспортувати в стисненому або зрідженому станах. Очищений біогаз зазвичай доставляють на заправні станції спеціальними автоцистернами, як, наприклад, це здійснюється в Стокгольмі. Біогаз також може подаватися по спеціальних газових трубопроводах, як приклад, в іншому шведському місті Лінчепінгу.

Усереднений компонентний склад біогазу з продуктів тваринництва складає, % (об.): CH_4 – 53-70; CO_2 – 30-40; N_2 – 0,2; H_2S – сліди (0,1). Вміст хлору складає 0-5 мг/Нм², аміаку <100 ppm.

Через те, що біогаз завжди містить сірководень та аміак, аби уникнути корозії автомобільних деталей їх необхідно вилучати на стадії процесу відмивання. Сірководень легко вступає в реакцію з більшістю металів, а швидкість реакції посилюється такими факторами, як концентрація сірководню, тиск, наявність води і підвищена температура. Через потенційні проблеми, що викликаються наявністю сірководню

та аміаку, їх зазвичай видаляють на ранній стадії процесу водяного очищення біогазу.

Аналіз експлуатації газових двигунів свідчить, що біогаз можна використовувати як альтернативне паливо для автомобілів. При цьому має місце: зменшення викидів шкідливих речовин із відпрацьованими газами, що особливо важливо для населених пунктів; зменшення імпорту нафти; зменшення надходження метану в атмосферне повітря (10 % від світових обсягів метану, що потрапляє до атмосфери, надходить із відкритих звалищ); збільшення кількості робочих місць у сільськогосподарському секторі; вирішення низки санітарно-гігієнічних проблем.

Недоліками природного та біогазу в разі їх використання як моторних палив, порівняно з рідкими видами палив, є невисока концентрація енергії в 1 м^3 горючої суміші, що спричиняє зменшення ефективної потужності двигуна.

Наприклад, для горючих сумішей при $\alpha=1$ нижча теплота згоряння 1 м^3 становить: бензоповітряна – $h_{\text{H}}=3739 \text{ КДж/м}^3$; газоповітряна – $h_{\text{H}}=3404 \text{ КДж/м}^3$, а біогазоповітряна (при $\text{CH}_4=62\%$) – $h_{\text{H}}=2168 \text{ КДж/м}^3$. За розрахунком зниження теплоти в 1 м^3 горючої суміші двигуна при використанні природного газу становить 8,7 %, при використанні біогазу – 42,1 %, а при використанні суміші – 80 % природного газу і 20 % біогазу зменшення теплоти згоряння 1 м^3 горючої суміші становитиме 15,25 %.

Аби запобігти зменшенню енергетичних показників двигуна та втратам енергії на очищення біогазу, в разі застосування його як автомобільного палива доцільно застосовувати його суміш з природним газом. За результатами аналізу літературних джерел було встановлено, що в багатьох європейських країнах одним із перспективних вважається використання біогазу в газодизелях.

Застосування газодизельного циклу знижує рівень викидів оксиду вуглецю і зменшує вміст твердих частинок майже на 90 %. Більш ніж на 50 % зменшено викиди оксидів азоту (NO_x). Крім цього, біогаз для газодизелів не потребує витрат на досконале очищення від CO_2 , в результаті цього біогаз буде найдешевшим альтернативним паливом для газодизелів.

Висновки

Україна має незадіяний потенціал розвитку відновлюваних джерел енергії – виробництво біогазу з відходів тваринництва. Одним із основних моментів щодо виробництва біогазу з відходів тваринництва є можливість вирішити екологічні проблеми поводження з відходами та отримати економічні переваги. Гній та послид є побічними продуктами тваринництва, та якщо вони утворюються у великій кількості, то можуть бути небезпечними для довкілля. Відходи тваринництва є основним джерелом нітратного забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод. Відходи тваринництва також спричиняють викиди аміаку в атмосферне повітря, які негативно впливають на здоров'я та стан

довкілля, оскільки пов'язані з процесами окиснення в ґрунтах, евтрофікацією водних об'єктів, приземним озоновим та іншими забрудненнями (діоксиду сірки, оксидів азоту, леткими органічними речовинами). Крім того, будь-яка діяльність, пов'язана з тваринництвом, управлінням відходами тваринництва та використанням добрив, стосується вивільнення оксиду азоту (I) (N_2O) та метану (CH_4), парникових газів, які мають потенціал глобального потепління відповідно в 10 та 21 разів більший за CO_2 .

Наразі в Україні технологія майже не використовується через численні перепони. Діє лише шість біогазових заводів, які переробляють відходи тваринництва з утворенням біогазу, тоді як половина фермерських господарств є промисловими підприємствами, де утворюються сотні та тисячі тон відходів на рік. На переважній більшості господарств відходи збираються та зберігаються у відкритих лагунах, що пов'язано з численними екологічними ризиками. Зважаючи на потенціал використання біогазових установок для вирішення екологічних проблем тваринництва, а також економічні переваги використання технології, варто сприяти ініціативам щодо переробки відходів тваринництва шляхом анаеробного зброджування.

Щодо проведеного аналізу використання біогазу з продуктів тваринництва, як автомобільного палива то він показує, що для колісних транспортних засобів України є гарні перспективи для його використання у складі сумішевих моторних палив. Зокрема було досліджено, що при використанні суміші природного газу з біогазом теплота згоряння буде вищою, ніж під час використання біогазу.

Отже, біогаз з продуктів тваринництва слід розглядати як вагому складову вирішення проблеми створення екологічно безпечних приводів для рухомого транспорту. Оцінювальними показниками ефективності використання біогазу для живлення двигунів внутрішнього згорання можна вважати техніко-експлуатаційні показники, а саме: ефективну потужність, крутний момент двигуна, питома ефективна та годинна витрата палива.

Література

- 1 Біогаз. Теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, Б. Бренндерфер. – М.: Высшая школа, 1982. – 211 с.
- 2 Біогаз [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://rea.org.ua/dieret/Fuels/biogas.html>
- 3 Очистка технологических газов / Т.А. Семёнова, И.Л. Лейтес, Ю.В. Аксельрод (и др.). – М.: Химия, 1977. – 488 с.
4. Біопаливо – стан та перспективи використання / Ю. М. Носенко, Н. П. Чуйко // Аграрні вісті. – 2008. – № 6. – С. 10-13.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
07.12.16*

*Рекомендована до друку
професором **Векериком В.І.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук **Кашубою М.В.**
(Надвірнянський коледж Національного
транспортного університету, м. Надвірна)*