

СФЕРИ ТА ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БІОГАЗУ У ВИРІШЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОБЛЕМ

Г. Черевко, д. е. н., професор,
В. Шугало, аспірант
Львівський національний аграрний університет

© Г.Черевко, В. Шугало, 2017

Черевко Г., Шугало В. Сфери та переваги застосування біогазу у вирішенні енергетичних проблем
Обґрунтовано ефективність використання біометантенків для отримання альтернативи викопним джерелам енергоносіїв, ефективної та безпечної утилізації біовідходів, отримання при цьому й інших благ, таких як біодобрива, зменшення викидів парникових газів, а також економії коштів або ж одержання додаткового доходу. Описано хімічний процес отримання біогазу, висвітлено переваги та недоліки виробництва, а також застосування біогазу в енергетичній сфері. Проаналізовано вплив використання біогазу на економіку та можливість збільшення енергонезалежності підприємства, регіону та країни загалом, при цьому зберігаючи розмаїття енергетичних видів. Показано різновиди біомаси, які можна ефективно використовувати для отримання біогазу чи вторинного продукту.

Ключові слова: біоенергія, побічна продукція, біомаса, біогазовий реактор, біогаз, біодобриво, очистка біогазу, біологічні відходи, парниковий ефект, альтернативна енергетика, енергонезалежність.

Cherevko H., Shugalo V. Spheres and advantages of biogas use in energetic problems solving

The article substantiates the effectiveness of biometantanks usage in order to obtain an alternative to fossil sources of energy. The efficient and safe utilization of biowaste while receiving other benefits to the stakeholder, such as receiving biofuels, reducing greenhouse as emissions, as well as costs saving are considered. The chemical process of biogas production, it's advantages and disadvantages and the usage of biogas in the energy sector are described. The methods of biogas purification is a key to solving the problem of low calorific value of biogas combustion and possibilities of its' repeat use relatively to natural gas transportation system. The biogas repeat use fluencies the economy and creates the possibility of increasing the energetic independence of enterprise, of region and of the country as a whole, while preserving the diversity of energy species. There are varieties of biomass that can be used effectively to produce biogas or a secondary product identified. The comparison between the average composition and properties inherent in biogas and natural gas was made.

Key words: bioenergy, biomass, biogas, biofuel, biogas purification, biological waste, greenhouse effect, alternative energy, energetic independence.

Черевко Г., Шугало В. Сферы и преимущества использования биогаза при решении энергетических проблем

Обоснована эффективность использования биометантенков для получения альтернативы ископаемым источникам энергоносителей, эффективной и безопасной утилизации биоотходов, получения при этом и других благ, таких как биоудобрения, уменьшения выбросов парниковых газов, а также экономии средств или получения дополнительного дохода. Описан химический процесс получения биогаза, освещены преимущества и недостатки производства, а также применение биогаза в энергетической сфере. Проанализированы влияние использования биогаза на экономику и возможности увеличения энергонезависимости предприятия, региона и страны в целом, при этом сохраняя многообразие энергетических видов. Показаны разновидности биомассы, которые можно эффективно использовать для получения биогаза или вторичного продукта.

Ключевые слова: биоэнергия, побочная продукция, биомасса, биогазовый реактор, биогаз, биоудобрение, очистка биогаза, биологические отходы, парниковый эффект, альтернативная энергетика, энергонезависимость.

Постановка проблеми. Біологічні відходи та рештки не завжди є негативним явищем, з них можна отримати біогаз та біо-

добрива. Зі сучасними технологіями виробництва біогазу вартість інвестицій скоротилася, а термін окупності зменшився. Вироб-

ництво біогазу – це природний і, по суті, біологічний процес, у якому беруть участь різні типи бактерій, котрі за певний час переробляють органічні речовини. При цьому ми отримуємо метан, супутні гази (їх відсотковий склад ризниється залежно від виду використаної органічної речовини) та субстанцію, яка багата на біогенні речовини (біодобриво). Біогазова установка забезпечує господарство енергією та добривами, а це у свою чергу не лише економія ресурсів, а й незалежність від зовнішніх чинників ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми та перспективи виробництва біогазу як альтернативного джерела енергії вивчають як зарубіжні, так і вітчизняні дослідники. У своїй праці Федуняк (2014) зазначає, що біоенергетика є ефективним, дешевшим, біовідновним джерелом енергії. Про це також вказано у праці Рябова (2005), але детальніше зазначено, наскільки біоенергетика дешевша від традиційного палива. Дослідники Ратушняк та Джеджула (2008) описують процеси обробки біомаси – вторинної продукції, яка залишається після переробки відходів та може бути використана в сільському господарстві як добриво.

Закон України «Про альтернативні джерела енергії» (2003) дає розуміння, яка ситуація зараз із правовим полем альтернативних джерел енергії, які аспекти та як регулюються, на що націлена державна політика у сфері альтернативних джерел енергії. Такі науковці, як Павліський, Павліська та Нагірний (2010) описують технологічні процеси й сировину, яку можна ефективно застосовувати для отримання біогазу і вторинної продукції. Дослідниця Кузнецова (2010) пояснила фінансову вигоду від отримання біогазу, Комков (1998) у свою чергу зазначав, що потрібно максимально оптимізувати процес анаеробного зброджування і можливості для цього є у відповідності до технічного оснащення та варіації процесів діяльності бактерій. Науковці Волохін, Мелейчук та Козій (2014) розглядають можливість отримання біогазу з відходів тваринницького комплексу, його актуальність та можливості вирішити низку питань екологічного, енергетичного та економічного напрямку. У статті Бондаренка та Жовтянського (2006) йдеться про склад біогазових сумішей відповідно до типу сировини. Дослідники Бабиц, Кухаренко та Улексін

(2005) у своїй праці показують біогаз як місцевий енергоресурс для сільськогосподарських підприємств та ефективний засіб боротьби з парниковим ефектом. На порталі анаеробного бродіння (The Official Information Portal..., 2017) роз'яснено, які проблеми утилізації можна ефективно вирішити методом анаеробного бродіння та що можна отримати на кінцевому етапі. Зарубіжний дослідник Carlos A. Grande (2011) детально описує та пояснює методи очищення біогазу. Команда зарубіжних науковців (Al Seadi, Rutz and Prassl, 2008) розробила цілу прикладну книгу, де описано, починаючи від ідей, понять до практичного застосування та впровадження в життя біогазової установки. Al Seadi, Holm-Nielsen and Oleskowicz-Popiel (2007) в короткому буклеті описали основні тези щодо отримання біогазу з різних джерел відходів. Проте зазначена проблематика є настільки актуальною, що потребує всебічних системних досліджень.

Постановка завдання. Метою нашого дослідження є встановлення переваг і недоліків використання біогазу, визначення ефективних сфер його застосування.

Методика дослідження та матеріали. У рамках наукового дослідження задіяно загальноекономічні та специфічні методи: абстрактно-логічний, монографічний, аналізу і синтезу та ін. Інформаційну базу сформували нормативно-правові акти України, матеріали міжнародних організацій, праці вітчизняних і зарубіжних авторів.

Виклад основного матеріалу. Використання біоенергії – це пріоритетне питання енергетичної безпеки за зростаючих світових цін на енергоресурси. Енергія з відновлюваних ресурсів є наразі однією з найбільш обговорюваних тем в Європі та в усьому світі, що пояснює зростання кількості заводів із виробництва біогазу в ЄС протягом останніх п'яти років та приємно вражає (Кузнецова, 2010).

Україна – це країна зі значним аграрним потенціалом, за реалізації якого кількість сировини для біогазових установок стрімко зростатиме. Зараз у світі важко назвати лідера у виробництві біогазу, наразі першість займає Євросоюз, а саме Німеччина. Загальна кількість біогазових установок у Європі перевищує 11 тис., 7,2 тис. з яких розташовані в Німеччині (Федуняк, 2014).

Як відомо, метан є потужним парниковим газом і водночас цінним джерелом енергії. Тому президент США Барак Обама дав адміністрації завдання розробити у Плані дій клімату комплексну міжвідомчу стратегію зі скорочення викидів метану, і у березні 2014 року Білий дім підготував її. У ній йшлося про те, що біогаз є перевіреним джерелом енергії, яке використовують у США і в усьому світі протягом багатьох десятиліть. Зокрема США мають понад 2 тис. установок з виробництва біогазу. Дорожньою картою встановлено, що за належної підтримки тут можна розгорнути понад 13 тис. потенційних установок із виробництва біогазу. Можуть бути створені системи установок для очищення води та отримання біогазу з гною та органічних відходів. Якщо повністю реалізувати ці системи, біогаз даватиме достатньо енергії для понад 3 млн американських будинків, при цьому скоротять викиди метану, еквівалентні з 4 до 54 млн метричних тонн парникових викидів (Al Seadi, Rutz and Prassl, 2008).

На тлі значного здорожчання нафти і газу та відповідно продуктів їх переробки перспективу переходу підприємств України на споживання альтернативного пального можна активно реалізовувати. Маючи розвинену сільськогосподарську базу, наша держава володіє потужним потенціалом щодо виробництва біогазу, який можна отримувати зі широкого спектра органічних субстратів як тваринного, так і рослинного походження. Виробництво біогазу на українських фермах та у домогосподарствах не є поширеним. Як правило, цю технологію застосовують великі виробництва, що працюють в агропромисловому комплексі й бажають мінімізувати витрати на споживання газу та добрив. Таких компаній небагато, адже для запуску лінії потрібні вільні кошти, а в скрутних умовах, у яких перебуває економіка країни, вони є далеко не у всіх.

Перевагою біомаси є її відновлюваний характер та відносно дешева собівартість порівняно з традиційним паливом. Ціна альтернативної енергії від 3 до 17 разів нижча за природну енергію, яку використовують у промисловості та бюджетній сфері. Науковці довели, що з точки зору виробництва біогазу уваги заслуговує рослинна сировина (Федуняк, 2014; Рябов, 2005). Крім того, енерге-

тичні культури мають вищий вміст метану, ніж тваринні відходи.

Для виробництва біогазу може бути використана будь-яка біомаса – коренеплоди, гичка, бадилля, солома тощо. Побічним продуктом біогазової технології є виробництво з переродженого шламу високоефективних незаражених добрив, які повертають у ґрунт поживні речовини і лігнін як основу утворення гумусу та забезпечують виробництво екологічно чистої продукції (Павліський, Павіська та Нагірний, 2010).

Найбільший коефіцієнт виходу побічної продукції мають такі культури, як соняшник, ріпак та кукурудза на зерно, а коефіцієнт доступності побічної продукції для виробництва біогазу становить близько 50% від збору останньої.

Виробництво біогазу дає змогу запобігти викидам метану в атмосферу. Метан впливає на парниковий ефект у 21 раз сильніше, ніж CO₂, і тримається в атмосфері 12 років. Нагромадження в резервуарах метану та його подальше використання – кращий короткостроковий спосіб запобігання глобальному потеплінню (Федуняк, 2014; Павліський, Павіська та Нагірний, 2010).

Найвищий вихід біогазу з тонни відходів дають стебла кукурудзи на зерно та гичка цукрового буряку, а саме відповідно 420 та 426 м³/т. Але, враховуючи той факт, що виробництво цукрового буряку в Україні дещо зменшилося, то найбільшими енергетичними культурами на теперішній час є кукурудза на зерно, пшениця та картопля. Зважаючи на те, що близько 97% виробництва картоплі розміщено в домогосподарствах, збір бадилля буде неефективним та капіталозатратним. Великі підприємства, а саме агрохолдинги, можуть використовувати ці відходи як енергетичну сировину. Одним зі способів виробництва енергії з бадилля картоплі є його очищення від фізичних домішок із подальшим сушінням. Наступний крок – пресування бадилля, крізь яке пропускають побічний продукт у виробництві етанолу та крохмалю – барду. Це дасть змогу втримати тверді частки барди у бадиллі. Подальшим є подрібнення біомаси за допомогою спеціального подрібнювача та виготовлення пелет. Корисність виробництва біогазу полягає ще й у тому, що відходи при згорянні можна використовувати як органічне добриво.

Біогаз, одержаний із біомаси з великим вмістом клітковини, містить майже однакову кількість метану і діоксиду вуглецю, а при утилізації біомаси, яка містить азотовмісні сполуки і жири, в біогазі більше метану і менше CO₂. Високоенергетичний біогаз містить близько 75% метану (Бондаренко та Жовтянський, 2008).

Біомасу, яка залишається після переробки відходів, можна використовувати в сільському господарстві як біодобриво. Причому, на відміну від штучних, такі добрива значно краще й ефективніше впливають на ґрунт, розвиток рослин та ґрунтові води. Аналіз показує, що найбільший вихід біодобрив з тонни продукції дають такі культури, як ріпак та соняшник. Це можна пояснити їхньою розвинутою кореневою системою, що дає змогу втягувати поживні речовини з великих глибин, однак при цьому призводить до виснаження ґрунту.

Розвиток ринку органічних добрив, в тому числі з переробленої в біогазових реакторах маси, в перспективі сприятиме розвитку ринку екологічно чистої продукції сільського господарства в Україні та підвищенню конкурентоспроможності на аналогічному ринку в країнах ЄС.

Завдяки анаеробному зброджуванню органічної сировини в біогазовій установці загальна мінералізація отриманих добрив зростає: мінеральна частина становить 60%, а органічна – 40%. За правильних умов внесення біодобрив (температура доквілля, вологість повітря та інші чинники) основні складові азоту інтенсивно взаємодіють, постійно забезпечуючи рослини поживними елементами (Ратушняк та Джеджула, 2008).

Існуючі експериментальні й теоретичні дослідження енергозберіжних процесів біоконверсії при утилізації органічних відходів повною мірою не відповідають практичним завданням виробництва біогазу. З огляду на це вивчення процесів утилізації відходів сільськогосподарського виробництва з метою обґрунтування параметрів та засобів інтенсифікації анаеробного бродіння в біореакторах для отримання біогазу є дуже актуальними (Федуняк, 2014; Комков, 1998).

За наявності у фермера біогазової установки він не платить за утилізацію відходів від отриманої продукції, оптимізує транспортні видатки, що дає змогу окупити витрати,

пов'язані з біогазовою установкою – як інвестиційні, так і операційні.

Важливим аспектом економічного оцінювання описаного проекту є економічна вартість іноземної валюти, яка негативно впливає на зовнішню курсову політику у зв'язку з навантаженням на національну валюту, та залежність від зовнішнього ринку, а саме від імпортерів природного газу. Усі ці аспекти «тиснуть» на національну валюту та сприяють її знеціненню.

Місцеве виробництво біогазу допоможе поліпшити забезпечення віддалених районів енергією, адже імпортована енергія для них коштує дорожче через вартість транспортування. Тому набуває поширення перетворення у когенераторах біогазу на електроенергію. Передусім це вигідно тим господарствам, які розташовані далеко від газопроводів, а потужність їх біогазових установок значно перевищує власні потреби. Такі господарства можуть забезпечувати невеликі населені пункти енергією на 30–60%.

Метод анаеробного зброджування дає змогу еколого-економічно, ефективно та цілком безпечно утилізувати великі об'єми відходів від тваринницьких ферм, що налічують значне поголів'я, яке щодня утворює певну кількість гною (без врахування води на змив). Із нього лише частину використовують як перегній. Свіжий гній тваринницьких ферм та його рідкі складові разом зі стічними водами є забруднювачами навколишнього середовища. Підвищена сприйнятливість сільськогосподарських культур до свіжого гною призводить до забруднення ґрунтових вод і повітряного басейну, створює сприятливе середовище для зараженості ґрунту шкідливими мікроорганізмами та погіршення санітарно-гігієнічного стану регіону, а це у свою чергу негативно впливає на здоров'я населення. У гної тварин життєдіяльність хвороботворних бактерій і яєць гельмінтів не припиняється; насіння бур'янів, що міститься в ньому, зберігає свої властивості і тільки очікує оптимальних умов (Волохін, Мелейчук та Козій, 2014).

Перспективним, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом вирішення цієї проблеми також є анаеробна переробка гною і відходів у біогазових установках з отриманням біогазу (The Official Information Portal..., 2017).

Варто описати й проблеми, які можуть виникнути від отримання біогазу. Насамперед це низька нижня теплота згоряння отриманого газу (5000–5500 ккал/м³), яка суттєво різнилася від показників природного газу (7100 ккал/м³). Проте існують технології розподілу газових сумішей, зокрема метод короткоциклової безнагрівної адсорбції (PSA), які сприяють підвищенню цього показника (Al Seadi, Holm-Nielsen and Oleskiewicz-Popiel, 2007).

Попри все, виробництво та енергетичне використання біогазу має низку обґрунтованих і підтверджених світовою практикою переваг, а саме:

- для виробництва біогазу використовують відновлювану біомасу. Широкий спектр сировини для виробництва біогазу дає змогу будувати біогазові установки фактично всюди в районах концентрації сільськогосподарського виробництва й технологічно пов'язаних із ним галузей промисловості;

- універсальність способів енергетичного використання біогазу як для виробництва електричної, так і теплової енергії за місцем його утворення чи на будь-якому іншому об'єкті;

- стабільність виробництва електроенергії з біогазу протягом року, що дає змогу покривати пікові навантаження в мережі, особливо з урахуванням роботи нестабільних джерел, наприклад, сонячних чи вітрових електростанцій;

- агротехнічний ефект від застосування зброженої в біогазових реакторах маси на сільськогосподарських полях проявляється у поліпшенні структури ґрунтів, регенерації та підвищенні їх родючості за рахунок внесення поживних речовин органічної природи (Федуняк, 2014);

- виробництво біогазу і подальше його використання для виробництва тепла та електроенергії є найефективнішим засобом боротьби з глобальним потеплінням.

Альтернативним застосуванням біогазу є його модернізація для одержання очищеного біометану, який може бути введений в газопровід природного газу або використаний безпосередньо як автомобільне паливо. Очищення біогазу передбачає кілька етапів: видалення домішок (переважно сірчаних сполук), видалення води та процес оновлення, який полягає у масовому видаленні CO₂.

Як правило, видалення сполук сірки є першим етапом в очищенні біогазу. Порядок поділу H₂O та CO₂ залежить від конкретної технології, яку застосовують для модернізації. Біометан, отриманий у вигляді готового продукту, повинен мати певну чистоту, а максимально допустима кількість CO₂ становить від 2 до 4% залежно від законодавства відповідної країни. З усіх етапів очищення вилучення CO₂ є найдорожчим. Також після отримання біогазу, наближеного за характеристиками до природного, є можливість виробляти дизельне паливо за допомогою синтезу Фішера-Тропша, яке може стати заміником традиційного дизельного палива. Воно є особливо привабливим там, де вироблений природний газ не користується попитом. Перетворення природного газу на дизельне паливо відбувається у кілька кроків зі значним споживанням енергії та відповідним рівнем викидів CO₂.

Висновки та перспективи подальших наукових пошуків. Можна виділити такі сфери застосування біогазу.

1. Без очищення – це спалювання в когенераторі для отримання електроенергії, спалювання в котлі для отримання теплової енергії або ж використання обох цих методів для отримання енергії;

2. З очищенням біогазу – реалізація біогазу у внутрішню газову систему із наступним застосуванням у всіх сферах як заміника природного газу. При цьому виробництво біогазу потрібно розглядати комплексно, оскільки воно становить собою не лише джерело відновної енергії.

Від виробництва біогазу ми отримуємо побічну продукцію – біодобрива, які є набагато ефективнішим видом добрива, ніж мінеральні різновиди, насамперед через те, що мають збалансовану структуру та не забруднюють своїм надлишком підземні та поверхневі води.

За допомогою використання біогазу можна значно зменшити енергозалежність країни загалом, а у реаліях сьогодення – істотно скоротити імпорт природного газу, тим паче, що позитивна тенденція зростання агропромислового комплексу цьому тільки сприятиме і збільшуватиме сировинну базу для потужностей виробництва біогазу.

Застосування біогазу приносить свої плоди і для стратегічних напрямів економіки, а

це зменшення відтоку валюти за кордон у зв'язку зі зниженням обсягів закупівлі газу та вугілля антрацитової групи. Щодо енергетики, то когенератори зі системами підземних сховищ очищеного біогазу, які слугуватимуть для накопичення газу, можуть стати революційною системою для регулювання пікових навантажень на енергомережу за використання в комплексі зі сонячною та вітровою енергетикою.

Не менш важливою є комплексність у діяльності сільськогосподарських підприємств і фермерських об'єднань, що значно здешев-

лює виготовлення кінцевого продукту і стимулює до отримання багатьох додаткових бонусів. Так, від утилізації відходів та отримання біогазу можна мати додатково: біологічні добрива, теплову енергію, можливість вироблення електроенергії та безперебійність цього процесу. Комплексний підхід дасть змогу додатково економити на цих бонусах, що позитивно впливатиме на ведення бізнесу. Не варто забувати, що біогаз вважають продуктом, отриманим із відновної біомаси, що на теперішньому етапі розвитку людства є дуже актуальним чинником.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Al Seadi, T., Holm-Nielsen, J. B. and Oleskowicz-Popiel P., 2007. *Biogas upgrading and utilization: Energy from biological conversion of organics waste*. N. Y.: IEA Bioenergy.

Al Seadi, T., Rutz D. and Prassl H., 2008. *Biogas handbook*. Esbjerg, Denmark: Published by University of Southern Denmark Esbjerg.

Grande, C. A., 2011. *Biogas Upgrading by Pressure Swing Adsorption, Biofuel's Engineering Process Technology*, [online] Available at: < <http://www.intechopen.com/books/biofuel-s-engineering-process-technology/biogas-upgrading-by-pressure-swing-adsorption> > [Accessed 10 May 2017].

The Official Information Portal on Anaerobic Digestion. [online] Available at: <<http://www.biogas-info.co.uk/about/feedstocks/>> [Accessed 10 May 2017].

Бабич, О. С., Кухаренко, П. М. та Улексін, В. О., 2010. Біогаз як місцевий енергоресурс для сільськогосподарських підприємств. *Матеріали науково-технічної конференції*. Дніпропетровськ.

Бондаренко, Б. І., Жовтянський, В. А., 2008. Проблема утилізації твердих побутових відходів та знешкодження небезпечних відходів в Україні. *Енерготехнологии и ресурсосбережение*, 4, с. 63–69.

Волохін, В. В., Мелейчук, С. С. та Козій, І. С., 2014. Виробництво біогазу з відходів тваринництва як елемент енергоресурсозбереження. *Scientific Journal «ScienceRise»*, с. 18–21.

Комков, В. А., 1998. *Экологические и технические аспекты создания нетрадиционных источников энергии*. Москва.

Кузнецова, А., 2010. Чи прибуткове виробництво біогазу? *Агробізнес сьогодні*, 21–22.

Павліський, В. М., Павліська, О. В. та Нагірний, Ю. П., 2010. Техніко-економічне обґрунтування вибору технологій та сільськогосподарських культур для виробництва біопалива. *Науковий вісник НУБіП України*, 146, с. 220–228.

Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 2003 р. [online] Верховна Рада України. Available at: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/main/555-15> [Accessed 10 May 2017].

Ратушняк, Г. С. та Джеджула, В. В., 2008. *Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату*. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця.

Рябов, Г. А., 2005. Использование биомассы и отходов производства для решения проблем энергосбережения. *Электрические станции*, 7.

Федуняк, І. Й., 2014. Ефективність виробництва біогазу в Україні. Кандидат наук. ВП НУ-БіП України «Бережанський агротехнічний інститут».

