

УДК 621.311: 502.5

В. А. МАЛЯРЕНКО, д-р техн. наук, професор, науковий керівник центру енергозберігаючих технологій ХНАМГ і АНОК «Ресурс»,

Харківська національна академія міського господарства, м. Харків.

О. І. ЯКОВЛЄВ, д-р техн. наук, професор,

Національний аерокосмічний університет «ХАІ» ім. Жуковського, м. Харків.

І. Г. ЖИГАНОВ, інженер,

Севастопольський національний університет ядерної енергії і промисловості,

м. Севастополь.

## РОЗВИТОК БІОЕНЕРГЕТИКИ – ВАЖЛИВИЙ ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬГОСПВИРОБНИКА

*Рассматривается потенциал биомассы в мире и в Украине. Проводится анализ существующих технологий получения биогаза. Представлены примеры биоустановок для сельского хозяйства. Показаны объемы производства и потребления биотоплива, а также причины, тормозящие развитие биоэнергетики Украины, и возможные пути их преодоления.*

*Розглянуто потенціал біомаси в світі та в Україні. Проведено аналіз існуючих технологій одержання біогазу. Наведені приклади біоустановок для одержання біопалива в сільському господарстві, а також об'ємів його виробництва і споживання. Розглянуті причини, що стримують розвиток біоенергетики України і можливі шляхи їх подолання.*

**Загальні питання.** Стан розвитку та енергетичний потенціал біоенергетики Характерною ознакою нашого часу є різке підвищення енергозабезпечення життєвого циклу і виробництва у всіх їх виявленнях. Як наслідок маємо катастрофічне скорочення традиційних видів паливно – енергетичних ресурсів (ПЕР), в першу чергу, нафти і газу, стрімкий зріст їх вартості, виникнення двох глобальних проблем третього тисячоліття – енергетичної та екологічної.

Значно змінився паливно – енергетичний баланс планети: близько 41 % ПЕР складає нафта, 18 % - природний газ, 35 % - вугілля. Екологічний збиток, що виникає внаслідок використання органічних енергоносіїв та ядерного палива, стрімке виснаження останніх потребують прийняття кардинальних заходів в напрямку диверсифікації ПЕР, розширення генерації електричної та теплової енергії з використанням нетрадиційних екологічно чистих відновлювальних джерел енергії [1-4].

Системи, які побудовані на їх споживанні, використовують ресурси, що постійно відновлюються та є менш забруднювальними. З цього випливає, що використання відновлювальних джерел енергії споконвічно не створює проблем, пов'язаних з використанням органічних видів палива. Сонячна енергія, гідроенергія, енергія вітру існують завдяки діяльності Сонця. Тільки геотермальна енергія, що також вважається поновлюваною, являє собою тепло Землі.

Таким чином, освоєння нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії (НВДЕ) слід розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля. Масштабне використання потенціалу НВДЕ в Україні має не тільки внутрішнє, а й значне міжнародне значення як вагомий чинник протидії глобальним змінам клімату планети, покращання загального стану енергетичної безпеки Європи. Шляхи та напрями стратегічного розвитку НВДЕ в країні повинні сприяти солідарним зусиллям європейської спільноти у галузі енергетики та відповідати основним принципам Зеленої книги «Європейська стратегія сталої, конкурентноздатної та безпечної енергетики» (Брюссель, 08.03 2006. СОМ (2006) 105) [5].

Технічно досяжний річний енергетичний потенціал НВДЕ України в перерахунку на умовне

паливо становить близько 79 млн т у.п., а економічно досяжний потенціал – 57,7 млн т у.п., у тому числі відновлювальних природних джерел енергії – 35,5 млн. т у.п., позабалансових (нетрадиційних) – 22,2 млн т у.п. На даний час цей потенціал використовується недостатньо (табл.1). Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить 7,2 % (6,4 % – позабалансові джерела енергії; 0,8 – відновлювальні джерела енергії) [3, 5].

Таблиця 1

Показники розвитку використання НВДЕ за основними напрямками освоєння (базовий сценарій), млн т у.п./рік [5]

Напрями освоєння НДВЕ	Рівень розвитку НВДЕ за роками			
	2005 р.	2010 р.	2020 р.	2030 р.
Позабалансові джерела енергії, всього	13,85	15,96	18,5	22,2
У т.ч. шахтний метан	0,05	0,96	2,8	5,8
Відновлювальні джерела енергії, всього у т.ч.	1,661	3,842	12,054	35,53
Біоенергетика	1,3	2,7	6,3	9,2
Сонячна енергетика	0,003	0,032	0,284	1,1
Мала гідроенергетика	0,12	0,52	0,85	1,13
Геотермальна енергетика	0,02	0,08	0,19	0,7
Вітроенергетика	0,018	0,21	0,53	0,7
Енергія довкілля	0,2	0,3	3,9	22,7
Всього	15,51	19,83	30,55	57,73

Перспективний розвиток НВДЕ в країні, згідно з [5] та основними принципами Зеленої книги, має відбуватися на основі економічної конкуренції з іншими джерелами енергії з одночасним впровадженням заходів державної підтримки перспективних технологій НВДЕ, які відображають суспільний інтерес щодо підвищення рівня енергетичної безпеки, екологічної чистоти та протидії глобальним змінам клімату. Приоритетними НВДЕ в Україні є: біоенергетика, видобуток та утилізація шахтного метану, використання вторинних енергетичних ресурсів, позабалансових покладів вуглеводнів, вітрової і сонячної енергії, теплової енергії довкілля, освоєння економічно доцільного гідро потенціалу малих річок України. На базі відновлювальних джерел вагомий розвиток отримують технології одержання як теплової, так і електричної енергії.

На сьогодні найбільш швидкими темпами здатна розвиватись біоенергетика. Очікується, що енергетичне використання всіх видів біомаси здатне забезпечити щорічно заміщення 9,2 млн т у.п. викопних палив на рівні 2030 року, в тому числі, за рахунок енергетичного використання залишків сільгоспкультур, зокрема, соломи – 2,9 млн т у.п., дров та відходів деревини – 1,6 млн т у.п., торфу – 0,6 млн т у.п., твердих побутових відходів – 1,1 млн т у.п., одержання та використання біогазу – 1,3 млн т у.п., виробництва паливного етанолу та біодизеля – 1,8 млн т у.п. Загальний обсяг інвестицій у розвиток біоенергетики складе до 2030 року близько 12 млрд грн [5].

Відновлювальна енергія – це внутрішній ресурс будь якої країни, який має значний потенціал. Основна причина, яка гальмує розвиток НВДЕ є менша вартість невідновлювальних джерел енергії. Приховані затрати, наприклад, соціальні та екологічні ризики, пов'язані з використанням викопних видів палива, не враховуються на сучасному енергетичному ринку. У той же час, вони дуже істотні. Так, згідно дослідженням німецьких вчених, витрати на виробництво електроенергії викопних видів палива, не включаючи витрати, які пов'язані з рішенням проблеми глобального потепління, складають 2,4 – 5,5 амер. цента / кВт-год, вартість електроенергії, яка виробляється на атомній станції, 6,1 – 3,1 амер. цента /кВт-год. Викиди SO<sub>2</sub> при спалюванні вугілля щорічно обходяться громадянам США в 82 мільярди американських доларів на відшкодування шкоди здоров'ю. Скорочення сільськогосподарських врожаїв, яке визвано забрудненням повітря, протягом року коштує американським фермерам ще 7,5 мільярдів

доларів. Фактично податкоплатники щорічно сплачують приховані затрати, які пов'язані з використанням енергії, у розмірі близько 109–260 млрд доларів. Подібні приклади можна навести і для інших країн [2, 3].

Аналіз ситуації в Україні, показує, що їй присутні обидві розглянуті вище проблеми, друга з яких більш істотна. Над нашою країною, яка залежить від імпорту нафти та газу, постійно висить загроза різкого підвищення вартості органічного палива. Можливий дефіцит ПЕР може покриватись за рахунок широкого залучення потенціалу НВДЕ. За прогнозами українських вчених існує тенденція збільшення її частки в енергетичному балансі країни. Основним енергетичним джерелом, при цьому, може бути біомаса.

Біомаса – термін, який використовується для позначення сукупності живої і неживої рослинної та тваринної матерії на планеті. В це поняття також включають органічні залишки та відходи, а саме: залишки сільськогосподарських рослин; відходи тваринництва, лісоводства і лісопереробки. У будь-якій формі біомаса – поновлюване джерело енергії, продукт фотосинтезу, головного процесу народження живої рідини за рахунок сонячної енергії. Відомі наступні основні засоби одержання енергії з біомаси: безпосереднє спалювання; термохімічний метод (газифікація, гідроліз), біологічний метод (анаеробне збражування). Ці засоби знаходять широке використання: перші два – для переробки сільськогосподарських рослин, відходів лісоводства і лісопереробки; третій – відходів тваринництва. Одержання енергії з біомаси – галузь, яка динамічно розвивається у багатьох країнах світу. Цьому сприяють такі її властивості як палива: великий енергетичний потенціал і відновлювальний характер; надійність систем енергопостачання з їх використанням; можливості суттєвого зниження викидів  $\text{CO}_2$  в атмосферу; значний вклад у вирішення екологічних проблем за рахунок використання різних відходів, а також в вирішення соціальних та економічних питань розвитку регіонів.

В наш час використання біомаси дозволяє одержати в середньому близько 15 % загального використання світових енергоресурсів: в країнах «третього світу» – 48 %; в промислово – розвинутих країнах – 2–3 % ( США – 3,2 %, Данія – 6 %, Австрія – 12 %, Швеція – 18 %, Фінляндія – 25 %). Біомаса в цілому є головним джерелом енергії близько двох мільярдів людей і разом з природним газом посідає третє місце в світі по кількості постачаної енергії, що в 4 рази більше ніж за рахунок ядерного палива

Найбільш близькою до України по потенціалу і розвитку біоенергетики є Данія, в якій діють 18 централізованих біогазових установок, що виробляють щорічно 40–45 млн  $\text{m}^3$  (0,02 млн т н.е.) біогазу. За рахунок використання біогазу покривається приблизно 6 % загальної потреби країни в енергоносіях. Данія наочно демонструє нам, які результати можуть бути досягнуті у даному перспективному напрямку. Дійсно, в Україні тільки на крупних свинарських та птахівницьких виробництвах щорічно утворюється більш 3 млн т органічних відходів по сухій речовині, переробка яких дозволяє залучити близько 1 млн т у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд кВт·год електроенергії. І це при тому, що існує близько 2 млн родинних подвір'їв, які не газифіковані. У той же час, досвід країн, які не забезпечені природним газом, наприклад, Китаю, показує, що віддалені сільські місцевості доцільно газифікувати за допомогою малих біоустановок, які працюють на органічних відходах родинних подвір'їв. Впровадження 2 млн подібних установок в Україні дозволить одержати близько 2 млрд  $\text{m}^3$  біогазу на рік, що еквівалентно 13 млрд кВт·год енергії, забезпечить сімейні садиби органічним добривом у кількості 10 млн т щорік [1, 2, 6–8].

Таким чином, виробництво біогазу являється для України найбільш перспективним напрямком використання енергії біомаси. Попередні оцінки потенційних запасів біогазу свідчать, що (при максимальному використанні органічних відходів та впровадженні сучасної техніки отримання біогазу) його частина в загальному використанні горючих газів може скласти близько 10 %. Потенціал анаеробної ферментації України дозволяє покрити 30 % потреби в енергії тваринницьких комплексів. При цьому окрім біогазу будуть отримані високоякісні добрива.

**Біохімічні та фізичні умови процесу анаеробного збражування.**

Найбільш вигідним з економічної точки зору виявляється анаеробне збражування, під час якого виробляється газ з приблизним складом 70 % метану і 30 % вуглекислого газу з незначними домішками водню та сірководню, а також високоякісні добрива. Весь процес одержання метану з органічних відходів засновано на роботі наступних штамів бактерій: мезофільних, з температурою життєдіяльності 30–40 °С, та термофільних, з температурою 50–60 °С. Переважна більшість метангенеруючих бактерій досягають максимальної швидкості росту при температурі +30...+40 °С.

Маються також термофільні види з максимальною температурою від +50 до +85 °С. Оптимум розвитку для термотолерантної групи +40...+42 °С. Звичайно на практиці застосовується два режими метаногенезу: мезофільний і термофільний. В останній час знаходить застосування і термотолерантний – проміжний. Однак вибір температурного режиму процесу метангенерації при створенні та експлуатації біогазових установок диктується, окрім швидкості біохімічної активності процесу, вимогами якості кінцевих продуктів, виходу біогазу, його складом, екологічними та економічними факторами.

Біохімічні процеси збражування ідуть в три стадії, причому кожна забезпечується власною групою анаеробних мікроорганізмів. На першій стадії відбувається розкладання нерозчинних біологічних матеріалів (целюлози, полісахаридів, жирів), які розщеплюються на вуглеводи та жирові кислоти. В працюючому біогазогенераторі цей процес відбувається при температурі 20 °С за добу. На другій стадії кислотопродуруючі бактерії створюють за той же час переважно оцетну та пропіонову кислоти. На третій – бактерії, що створюють метан, повільно, приблизно за 14 діб при температурі 30 °С, повністю збражують вихідні продукти та виробляють біогаз.

Метаностворюючі бактерії чутливі до величини рН: умови у середовищі повинні бути середньо кислими (рН від 6,6 до 7,0), та звичайно, не нижче рН = 6,2. Регулювання цього показника здійснюється шляхом додавання вапна. Потрібно визначений склад азоту та фосфору (приблизно 10 на 2 % маси сухого збражуемого матеріалу, відповідно). Золоте правило забезпечення успішного збражування – підтримувати постійні умови по температурі та подачі вихідного матеріалу.

Узагальнена технологія одержання біогазу з наступним використанням для виробництва електроенергії, тепла та добрив показана на рис. 1.

Біогаз (суміш метану та вуглекислого газу) одержують з рідкої маси, яка містить 95 % води, його вихід на практиці визначити досить складно. Істотною перевагою переробки біомаси у спеціальних пристроях (метантенках або біогазових генераторах) є те, що в відходах цього процесу міститься значно менше хвороботворних мікроорганізмів, чим у вихідному матеріалі.

Отримання біогазу в пристроях різних розмірів економічно виправдано та вигідно, якщо переробляється постійний потік відходів (стоки тваринницьких ферм, скотобоїнь, потік рослинних відходів і т.п.), наприклад, в агропромисловому комплексі, де можливий повний екологічний цикл. Біогаз використовують для освітлення, опалювання, приготування їжі, приведення в дію різних механізмів, транспорту, електрогенератора та ін.

Як було показано раніше, на хід анаеробного збражування значно впливає температура. Найбільш сприятливий рівень температур 30–40 °С, який сприяє розвитку мезофільної бактеріальної флори, а також 50–60 °С – розвиток термофільної бактеріальної флори. Вибір мезофільного або термофільного режиму роботи визначається аналізом кліматичних та економічних умов. Підігрів метантенків можливо здійснювати гарячою водою або електронагрівачем. Окрім температурних умов процес метанового збражування та кількість отримуюемого газу залежать від часу відробки відходів, співвідношення кількості твердої та рідкої фаз (як правило тверда фаза – 7–10 %). При використанні рідкого помету або навозу, співвідношення між твердими компонентами і водою повинно бути 1:1.

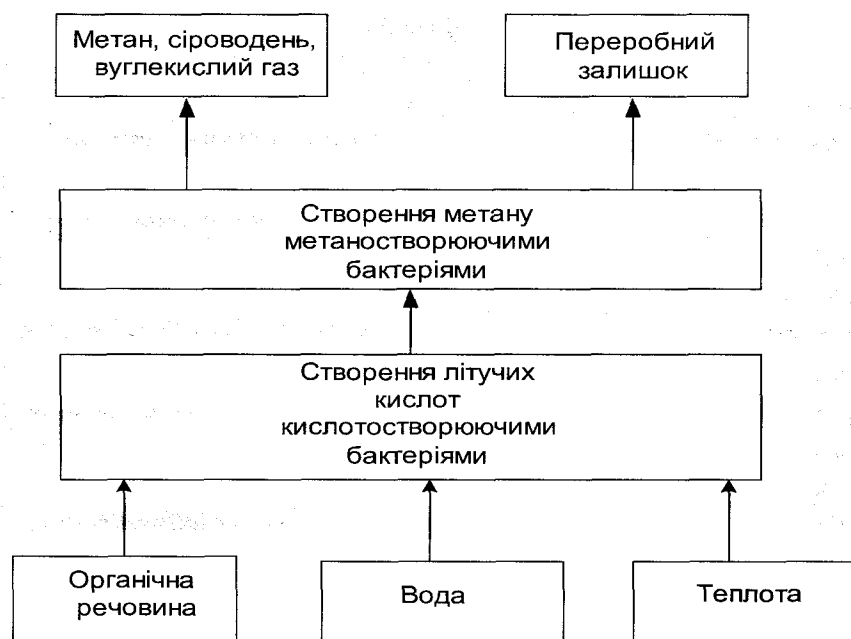


Рис.1. Узагальнена технологія одержання біогазу

Мікробіологічні технології використовують здібність метанових бактерій розкласти в безкисневому середовищі органічні речовини рослинного походження та утворювати з них біогаз. З однієї тони сухих органічних речовин метанові бактерії продуцують 200–600 м<sup>3</sup> біогазу, що еквівалентно енергоємності 0,5–0,6 кг бензину або 0,77 кг умовного палива (тобто 5–6 кВт-год електроенергії). Біогаз містить 50–80 % метану, має теплоту згоряння 5340–6230 ккал/кг (6,21–7,24 кВт-год/кг) і може використовуватись як паливо для газогенераторів та газотурбін с ККД до 80 %, для подальшого вироблення електрики (33 %) або палива (50 %).

Під час процесу переробки відходів, які використовуються в якості дешевої енергохімічної сировини шляхом розчеплення, не відбувається забруднення навколишнього середовища, оскільки створюється замкнутий колообіг речовин та енергії. При цьому ступень перетворення енергії органічних речовин в біогаз досягає 90 %, що в 3–4 рази перевищує даний показник при простому спалюванні рослинного палива в печах.

Вибір тривалості перебування біомаси в біореакторі – важливий технологічний момент всього процесу. Універсальних рекомендацій по цьому поводу не існує. Все визначається видом зображуваного матеріалу та раніше заданим ступенем розчеплення. Для помету птахів та навозу великого рогатого скоту достатньо 20 днів. Двотижневої переробці при температурі 35 °С досить для того, щоб знищити всі патогенні мікроби та ентеровіруси.

Розміри сучасних біогазових установок можуть бути усілякі: від родинних (продуктивністю 3–8 м<sup>3</sup>) до середніх (25–170 м<sup>3</sup>), великі (250–500 м<sup>3</sup>) та більші. Метантенки працюють практично за однією технологічною схемою. Органічні відходи потрапляють в приймальний резервуар, де їх розчиняють водою. У разі необхідності для створення потрібного співвідношення вуглецю та азоту у резервуар додають відходи рільництва. Утворений під час процесу анаеробного збражування біогаз подається в газгольдер, проходячи, у разі необхідності, через пристрій очистки. Маса, що перебродила в метантенку, поступає в резервуар для збереження та подальшого використання. Для досягнення потрібної вологості 80–90 % вихідна сировина розчиняється водою у відношенні 1:1 та постійно перемішується мішалкою. При існуючій традиційній технології складування навозу його можна використовувати не менш, чим через 6–8 місяців. Після обробки в установці «відроблений» продукт можна вивозити негайно. Узагальнена схема індивідуальної біогазової установки наведена на рис.2

На практиці збражування рідко ведуть до кінця, тому що це різко збільшує тривалість процесу. Звичайно збражують приблизно 60 % вихідного продукту. Вихід газу складає від 0,2 до 0,4 м<sup>3</sup> на 1 кг сухого матеріалу при нормальних умовах та при витраті 5 кг сухої біомаси на 1 м<sup>3</sup> води.

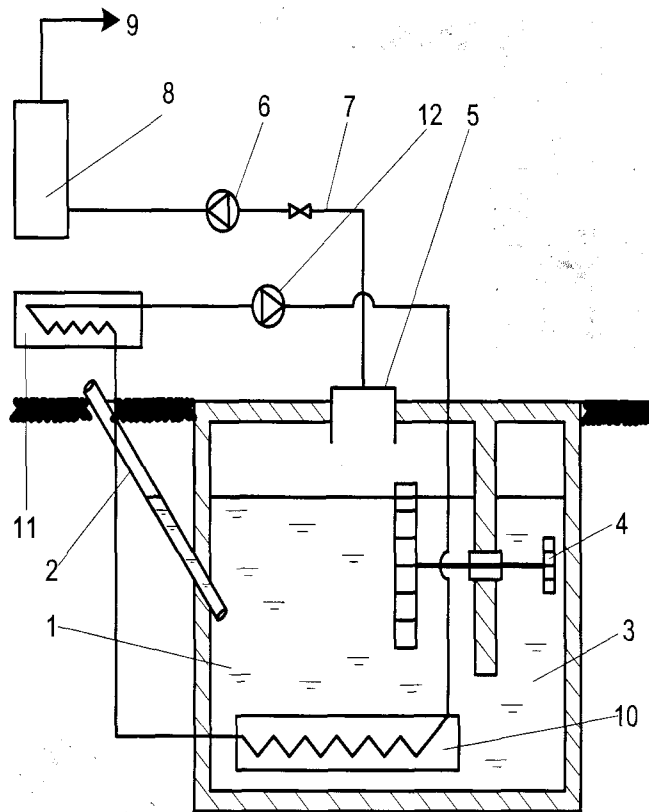


Рис. 2. Узагальнена схема індивідуальної газової установки: 1 – резервуар–реактор, 2 – труба загрузки, 3 – приямок розгрузки установки, 4 – мішалка, 5 – герметизований люк, 6 – компресор, 7 – газопровід, 8 – ресивер – збірник біогазу, 9 – газопровід до споживачів, 10 – підігрівач біомаси, 11 – котел, 12 – циркуляційна помпа.

Існують три температурних режими для визначених видів бактерій. Збражування при більш високих температурах йде швидше, чим при низьких, і характеризується приблизно здвоєнням виходу газу на кожні 5 °С. При жаркому кліматі збражування йде без підігріву при температурі ґрунту у межах 20...30 °С (психрофілічний режим) з часовим інтервалом 14 днів. У країнах з більш холодним кліматом середовище для збражування необхідно підігрівати, зокрема, використовуючи частку отриманого біогазу, до температури приблизно 35 °С. Деякі бактерії «працюють» при 55–63 °С, що використовується для більш швидкого розчеплення матеріалу.

Для контролю температури і рівня біомаси в метантенку використовуються відповідні регулятори, які дозволяють підтримувати належний рівень даних параметрів.

**Приклади використання біогазових установок.** В Україні використовують різні біогазові генератори, наприклад, установки типу КОБОС-1 для переробки 28,3 т біомаси за добу [9]. До неї входять два реактори по 125 м<sup>3</sup> кожний, вихід біогазу з 1 м<sup>3</sup> об'єму реактора 1,29 м<sup>3</sup>; вихід біогазу з 1 тони відходів 1,3 м<sup>3</sup>; вихід газу за добу – 162 м<sup>3</sup>; температура збражування – 40 °С; час обертів біомаси – 5 діб; вологість вихідної маси – 96,3 %; за добу споживається 42,1 кВт·год електроенергії, обслуговуючий персонал – 4 людини.

Крім реакторів до складу установки входить підігрівач, фекальний та гвинтовий насоси, газгольдер, компресор, водонагрівальний котел (рис. 3).

Навіз з колектору подається насосом у здрібнювач, з нього – в підігрівач, далі – гвинтовим насосом (дозатором) в реактор. Біогаз, що утворюється в реакторі подається компресором на очистку, потім через гідрозатвір та зворотній клапан – на використання чи у сховище. Завантаження біомаси проводиться щогодини автоматично.

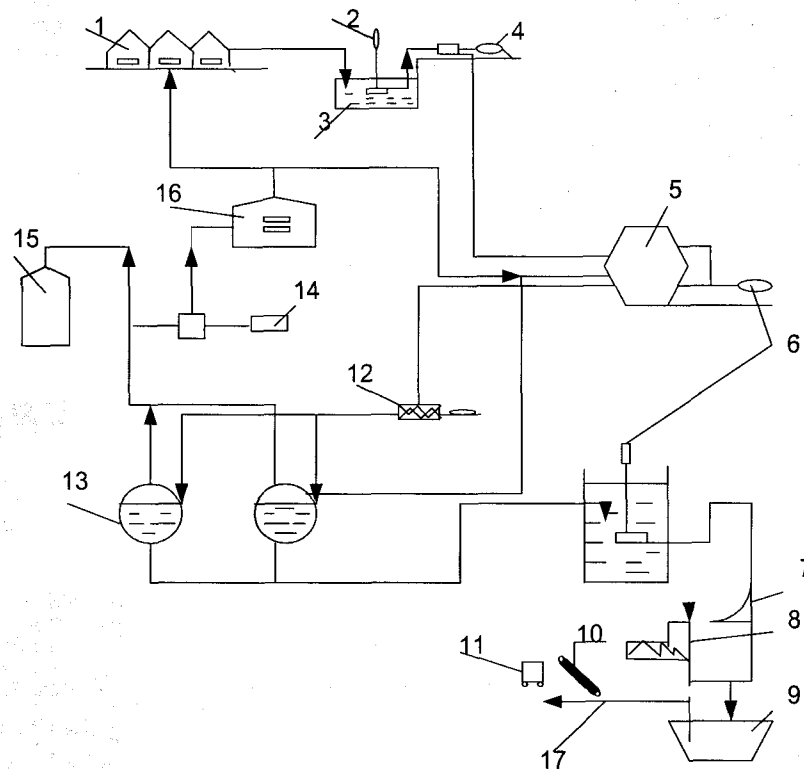


Рис. 3. Біогазова установка КОБОС-1: 1 – ферма, 2, 6 – помпи для рідкого гною, 3 – колектор, 4 – здрібнювач, 5 – підігрівач – видержувач, 7 – дугове сито, 8 – прес-фільтр, 9 – гноєсховище, 10 – транспортер, 11 – тракторний причеп, 12 – гвинтова помпа, 13 – реактор – метантенк, 14 – компресор, 15 – газгольдер, 16 – котел, 17 – добрива для використання

Окрім КОБОС-1 промисловість випускає біогазові установки «Біогаз – 301» з виходом газу за добу  $350 \text{ м}^3$ , та об'ємом реактора  $300 \text{ м}^3$ . Особливий практичний інтерес мають індивідуальні біогазові установки, які розроблені УкрНДІагропроектм для невеликих фермерських господарств (рис. 4). Обов'язковими елементами є метантенк – збражувач, котел для підігріву суміші, збірник віддробленого навозу. Перемішування навозу в метантенку проводиться періодично вручну або за допомогою електродвигуна. Достатньо розповсюджені установки без підігріву біомаси (рис. 4 а, б, в, г). Вони складаються з цегляної або обшитої металом ями, в яку скидають рідкий гній, побутові відходи, фекалії, бур'ян та ін. Після заповнення резервуар накривають плаваючим ковпаком, виготовленим з листового металу або пластмаси, від якого відходить трубка газопроводу.

В [10] описана біогазова установка для обробки за добу 80 тон стоків гною свиноферми від поголів'я 15 тисяч свиней. Вихід біогазу складає  $3300 \text{ м}^3$  за добу, а наявність сухої речовини в стоках 10-12 %. До складу установки входять два цегляних метантенка по  $1000 \text{ м}^3$  кожний, дві когенераційних установки на базі двигунів внутрішнього згоряння електричною та тепловою потужністю відповідно 80 та  $160 \text{ кВт}$  кожна, системи зневоднювання збражованого гною (рис.5).

Реактор (анаеробний метантенк) має загальний об'єм  $1200 \text{ м}^3$ , з яких  $1000 \text{ м}^3$  займає площа  $335 (18,3 \times 18,3) \text{ м}^2$ . Котловини, в які містять реактори, мають площу основи  $177 (13,3 \times 13,3) \text{ м}^2$ , кут нахилу стін котловани складає  $45^\circ$ . Глибина реактору нижче поверхні ґрунту –  $2,5 \text{ м}$ , загальна висота конструкції –  $3,6 \text{ м}$ , висота стіни метантенку над поверхнею ґрунту –  $1,1 \text{ м}$ .

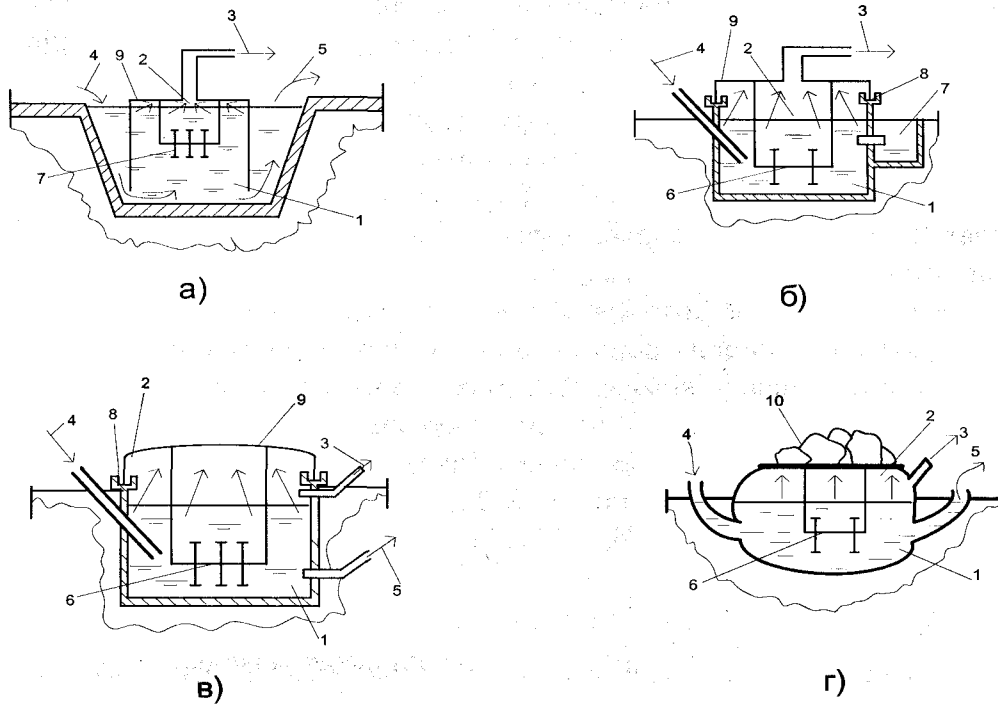


Рис. 4. Схема виробництва біогазу в індивідуальних та фермерських господарствах, апробація яких проходить зараз в усіх регіонах: а) робочий резервуар з газгольдером; б) з плаваючим ковпаком; в) збірний резервуар; г) схема роботи: 1- біомаса; 2 – газ; 3 – біогаз для використання; 4 – загрузка резервуара навозом, 5 – видалення збражуваного навозу; 6 – мішалка біомаси; 7 – збірник відробленого навозу; 8 – гідрозамок; 9 – плаваючий ковпак; 10 – каміння –вантаж.

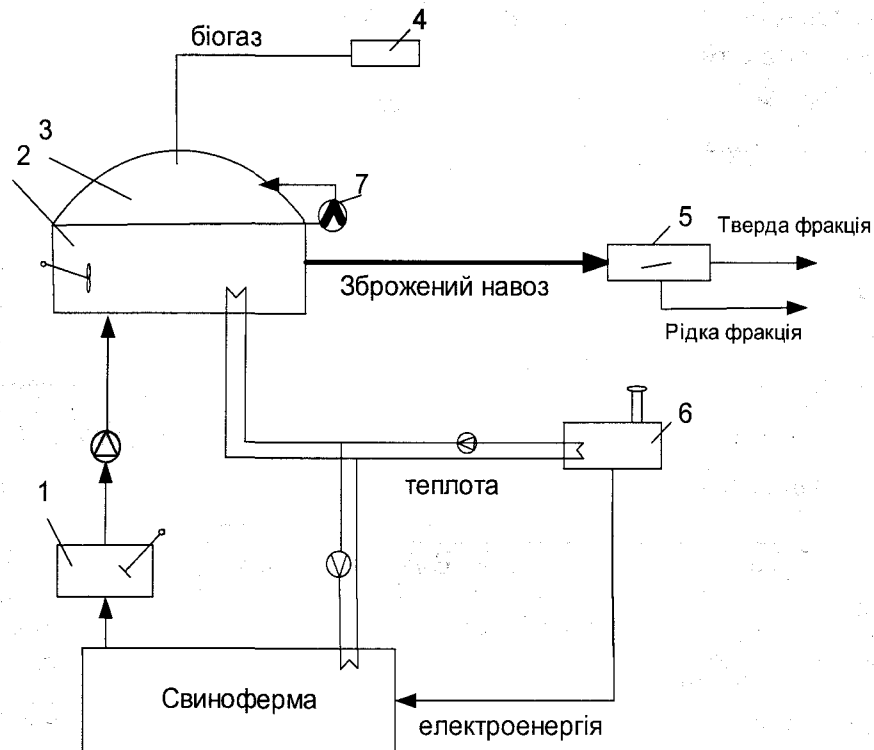


Рис. 5. Схема біогазової установки: 1 – резервуар підготовки вихідної сировини, 2 – метантенк, 3 – плівковий газгольдер, 4 – збірник конденсату, 5 – сепаратор, 6 – когенераційна установка, 7 – система видалення сірководороду.



У метантенках підтримується температура 34 °С для забезпечення мезофільного режиму мікробного збражування. Середній час збражування складає близько 25 днів. Біогаз, що утворюється, збирається еластичними газгольдерами, які розташовані над метантенками. Для запобігання розділу гною в метантенку на фракції, він періодично перемішується мішалкою. Одержана маса шнековим сепаратором розділяється на рідинну та тверду фракції. Рідинна фракція, яка уявляє собою високоякісні добрива, може використовуватись для зрошення на ближчих полях. Тверда у якості добрива – може транспортуватися на поля або продаватися в інші господарства.

Наведена вище технологія дозволяє значно знизити викиди парникових газів. Ефект досягається за рахунок зниження ремісії метану у порівнянні з традиційною технологією збереження свинячого гною у відкритих картах, а також за рахунок заміщення викопних видів палива під час використання біогазу для виробництва енергії та складає 7500 т/рік CO<sub>2</sub>-еквівалента. Як приклад, за сім місяців роботи (лютий - серпень) на установці перероблено 18 863 т гною, отримано 67 528 м<sup>3</sup> метану та 202 583 кВт-год електроенергії. Деякі показники переробки різної біомаси в біогаз наведені у табл. 2–4 .

Таблиця 2

## Показники переробки тваринницьких відходів

Характеристика	Свинокомплекс на 24 тис. голів	Ферма БРС на 1000 голів	Птахофабрика на 500 тис. голів
Добовий вихід гною з вологістю 90 % та помету с вологістю 75 %, т	144	85	100
Біогаз:			
Добовий вихід, тис. м <sup>3</sup>	6,0	2,2	10,0
Склад метану, %	65..70	55...60	65
Товарний біогаз, тис. м <sup>3</sup>	3,0	1,1	5,0
Річний вихід товарного біогазу, тис. м <sup>3</sup>	1100	400	1800
Товарне виробництво енергії за рік:			
Електроенергії, млн. кВт-год	1,8	0,67	3,0
Теплової енергії, Гкал	1548	576	2580
Річний вихід добрив (по сухій речовині), млн т	2,8	1,2	5,0

Таблиця 3

## Продуктивність анаеробного збражування при змішуванні різних видів біомаси

Відходи	Вихід біогазу, м <sup>3</sup> /кг сухої органічної речовини	Збільшення продуктивності %
Гній ВРС + свинячий гній (1:1)	0,510	7,0
Гній ВРС + бур'яни (1:1)	0,363	5,0
Гній ВРС + курячий помет (1:1)	0,528	6,0
Свинячий гній + курячий помет (1:1)	0,634	6,0
Свинячий гній + курячий помет + гній ВРС (1:1)	0,585	11,0

Таблиця 4

## Залежність виходу біогазу від виду сировини

Сировина	Вихід біогазу з сухої речовини	
	l т м <sup>3</sup>	Кг у.п.
Гній великого рогатого скоту	200...400	160...320
Свинячий гній	До 600	До 480
Помет кур, птахів	До 660	До 530
Бадилля, трава	400...600	320...480
Солома злакових культур	300...400	240...320
Комунально-побутові стоки міст та селищ	300...400	240...320
Тверді побутові відходи міст та селищ	300...400	240...320
Відходи харчової, м'ясомолочної, мікробіологічної промисловості	300...600	240...480
Бур'яни	280	225
Відходи силосування	250	200

Необхідні умови розвитку біоенергетики в Україні. У табл. 5 наведені дані про енергетичний потенціал біомаси в Україні, які свідчать про те, що її раціональне використання може забезпечити не менш 10 % споживання енергоносіїв.

Таблиця 5

## Енергетичний потенціал біомаси України

Тип поновлювальних джерел енергії	Виробництво енергії				Загальні капітальні витрати в 1997 – 2010рр., млрд. \$	Зниження викидів CO <sub>2</sub> до 2010 р., млн т /рік
	1995 р.		2010 р.			
	млн т н.е.	%	млн т н.е.	%		
Вітроенергетика	0,35	0,5	6,9	3,8	34,56	72
Гідроенергетика	26,4	35,5	30,55	16,8	17,16	48
Фотоелектрична енергетика	0,002	0,003	0,26	0,01	10,8	3
<b>Біомаса</b>	<b>44,8</b>	<b>60,2</b>	<b>135</b>	<b>74,2</b>	<b>100,8</b>	<b>255</b>
Геотермальна енергетика	2,5	3,4	5,2	2,9	6	5
Сонячні теплові колектори	0,26	0,4	4	2,2	28,8	19
<b>ВСЬОГО</b>	<b>74,3</b>	<b>100</b>	<b>182</b>	<b>100</b>	<b>198,12</b>	<b>40</b>

Разом з тим, подібний розвиток біоенергетики можливий лише при умовах наявності [2] :

- технічної бази (забезпечення розробки, виготовлення та експлуатації нових, більш поновлених установок);
- економічної бази (представлення безвідсоткових кредитів, стимулювання, які виражені у вигляді пільгового оподаткування, дотацій на будівництво біоустановок або виробленої енергії за допомогою ПДЕ);
- правової бази (розробки відповідної законодавчої бази та чіткої державної політики в галузі нетрадиційних джерел енергії).

Технічну базу України складає ряд науково – дослідних інститутів, які починали розробляти установки ще під час існування СРСР та продовжують свою діяльність і зараз. Серед них УкрНДІагропроект (приймав участь у розробці установки «Кобос»), інститут механізації тваринництва (розробив установку КР-1-9), НТЦ «Біомаса» (курирував будівництво та пуск у 2004 році великої біогазової установки в Дніпропетровській області загальним об'ємом реакторів 1200 м<sup>3</sup>, а також проводив наладку та навчання персоналу). Основною причиною неповного використання технічного потенціалу в Україні є практична відсутність випуску установок. Проблемаю стало використання гідрозмиву в сільськогосподарських фермах. При експлуатації біогазової установки в с. Оленівка недосконалість системи збору біомаси спричинила за собою її перезволоження (до 98 %), що привело до зменшення виходу біогазу.

Економічна база в Україні недостатньо розвинута. Основа – Наказ Президента України від 26 вересня 2003 року, а також створення «Програми державної підтримки розвитку нетрадиційних і поновлювальних джерел енергії, малої гідро- та теплоенергетики, як складової частини національної енергетичної програми України». В останній сформульовано умови про виділення кредитів на будівництво біогазових установок з урахуванням покриття на 10 % потреби в енергії до 2010 року. На даному етапі розвитку України необхідно перейняти досвід інших країн економічного стимулювання НВДЕ. Успіх країн Європи та США – світових лідерів з розвитку біоенергетики багато в чому був досягнутий за допомогою міцної законодавчої бази та економічній підтримки, зокрема, введення :

- податку на викиди CO<sub>2</sub> для викопних палив;
- податку на викиди SO<sub>4</sub> для викопних палив;
- енергетичного податку на викопні палива;
- субсидювання виробки електроенергії із біомаси;
- системи «зелених сертифікатів».

Правова база України представлена національною програмою, а також у вигляді законодавчих актів:

- Національної енергетичної програми на період до 2010 р., яка передбачає покриття 10 % потреб народного господарства в енергії за рахунок нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії.
- Енергетичної стратегії України на період до 2030 року.
- Програм державної підтримки розвитку нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії, малої гідро - та теплоенергетики як складової частини національної енергетичної програми України.
- Закону «про альтернативні види рідинного та газу утворюючого палива» (№ 1391- XIV від 14.01 2000), який гарантує державну підтримку по використанню біогазу та генераторного газу та рідинного палива з біомаси.
- Закону «Про альтернативні джерела енергії» (№ 555- IV , 20.02 2003).
- Ратифікацією Верховною Радою України Кіотського протоколу про обмеження викидів парникових газів у атмосферу (лютий 2004 р.).

Найважливіші правові акти по розвитку біоенергетики неможливі без врахування її розвитку. Для України має прикладом бути Данія, де розвиток енергетики відбувається у відповідності з державними програмами, в яких представлені практично всі з перерахованих вище засобів підтримки біоенергетики.

У кожній програмі повинна бути вироблена головна стратегія. Тому для України першочерговою задачею є аналіз та вибір найбільш придатного напрямку розвитку біоенергетики. Як відомо, зараз у світі існує два протилежних напрямів – східний та європейський: у європейському сценарії надається перевага високотехнологічному обладнанню та великим біоенергетичним комплексам, у східному – великій кількості дрібних біоустановок низького технологічного рівня. Лідером східного напрямку розвитку є Китай, в якому вже зараз працює більш 7 млн.

біогазових установок об'ємом до 10 м<sup>3</sup> та близько 50 тис. з реактором великого об'єму, лідером європейського – Данія. У цій країні, де вже давно використовується високотехнологічне обладнання по переробці соломи (працюють близько 10 тис. котлів на соломі), деревинної щепи (25 міні ТЕЦ на деревинних гранулах), з 1999 року діють 20 централізованих біогазових установок, які виробляють щорічно близько 50 млн м<sup>3</sup> біогазу.

Якщо повернутися до України, то на сьогоднішній день в її сільському господарстві існує тенденція до зменшення кількості великих сільськогосподарських ферм та збільшення поголів'я тварин на приватних, в основному, дрібних фермах. У зв'язку з цим пріоритетним напрямом на найближче майбутнє залишається побудова дрібних високотехнологічних біогазових установок з об'ємом метантенків до 100 м<sup>3</sup>.

Розвиток біоенергетики України та поширення використання біопалива [3, 4] в сільському господарстві безсумнівно буде сприяти стабільному гарантованому забезпеченню сільгоспвиробників первинними та кінцевими енергоресурсами. При цьому з'являється можливість здобуття ними енергонезалежності, нехай, на першому етапі, не такої, як того би бажалось, але досить реальної. З врахуванням цього необхідні конкретні кроки в напрямку практичної реалізації того великого потенціалу, який втілює в собі «біомаса» України [1–14].

### Список літератури

1. Маляренко В. А., Лисак Л. В. Енергетика, довкілля, енергозбереження. // За заг. ред. проф. В. А. Маляренка. – Харків, Рубікон, 2004. – 368 с.
2. Маляренко В. А., Капшов И. И., Жиганов И. Г., Перспективы использования биоэнергетических технологий в Украине. // Интегровані технології та енергозбереження. – 2005. – № 2. – С. 22–29.
3. Маляренко В. А., Соловей В. В., Яковлев А. И. Возобновляемые энергоресурсы – альтернативное топливо XXI века. // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит. – 2005. – № 11. – С. 18–22.
4. Маляренко В. А., Яковлев А. И. Биодизель – альтернатива диверсификации моторных топлив. // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит. – 2006. – № 3. – С. 64–74.
5. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. // Інформаційно – аналітичний бюлетень «Відомості Міністерства палива та енергетики України». – Спеціальний випуск. – Київ: – 2006. – 113 с.
6. Гелетуха Г. Г., Копейкин К. А., Матвеев Ю. Б. Состояние и перспективы энергетического использования биогаза в Украине. // Сборник тезисов Первой в Украине конференции «Энергия из биомасы». – Киев 2002.
7. [www.rea.org.ua](http://www.rea.org.ua)
8. Щербина О. М. Енергія для всіх. // Практичний посібник. Ужгород: Закарпаття, 1995. – 51 с.
9. Дубровін В. О. Біопалива (технології, машини і обладнання) / В. О. Дубровін, Н. О. Корчелений, І. П. Масло, О. Шептицький, А. Ромековський, З. Пасторе, А. Гисибек, П. Евич, Т. Омон, В. В. Криворучко – Київ: – ЦТІ «Енергія та електрифікація», 2004, – 256 с.
10. Фиापшев А. Г. Разработка и испытание биогазогумусной установки для фермерского хозяйства // А. Г. Фиапшев, П. Ф. Зибельман, М. М. Хомаков, О. П. Зибельман. – Москва: ГНХ ВИЭСХ, труды международной НТК. – 2004. – С. 296–300.
11. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники та посібники, 2001. – 184 с.
12. Гелетуха Г. Г., Кобзарь С. Г. Современные технологии анаэробного сбраживания биомассы (Обзор) // Экотехнологии и ресурсосбережение. – № 4 – 2002. – С. 3–10.
13. Гелетуха Г. Г., Кобзарь С. Г. Перспективы развития современных технологий анаэробного сбраживания биомассы в Украине (Обзор) // Экотехнологии и ресурсосбережение. – № 5 – 2002.

– С. 3–10.

14. Мхитарян Н. М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы. – Киев: Наукова думка, 1999. – 320 с.

**DEVELOPMENT OF BIO-ENERGETICS THE IMPORTANT WAY OF INCREASE POWER SAFETY THE MANUFACTURER OF AGRICULTURAL PRODUCTION**

V. A. MALJARENKO, Dr. Tech. Sciens, Pf.

A. I. JAKOVLEV, Dr. Tech. Sciens, Pf.

I. A. ZHIGANOV, ingenier

*The potential of a biomass in the world and in Ukraine is considered (examined). The analysis of existing technologies of reception of biogas is spent. Examples of bioinstallations for an agriculture are presented. Volumes of manufacture and consumption of biofuel, and also the reason, braking development of bio-energetics of Ukraine, and possible (probable) ways of their overcoming are shown.*

\*\*\*\*\*



**Уважаемые предприниматели!**

**Подписчиками журнала**

**«Энергосбережение • Энергетика • Энергоаудит»  
являются руководители государственных  
предприятий промышленности и энергетики,  
жилищно-коммунального хозяйства,  
агропромышленного комплекса, ВУЗов.**

**Приглашаем Вас к сотрудничеству!**

**Разместив свою рекламу на страницах журнала,  
Вы построите еще одну ступеньку к вершине своего  
бизнеса!**

**Постоянным подписчикам журнала -  
скидка 30 % на размещение рекламной информации.**